

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников»

УДК 556.51+551.324 (575.32)

На правах рукописи



Курбониён Хусрав Курбонджон

**ДИНАМИКА БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКОВ В СОВРЕМЕННЫХ
ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА ПРИМЕРЕ
БАССЕЙНА ОЗЕРА ХОВАРКУЛЬ (КАРАКУЛЬ) ВОСТОЧНОГО
ПАМИРА**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия,
гидрология, строительство, архитектура (2.1.37. Гидрология суши, водные
ресурсы, гидрохимия)

Душанбе – 2026

Диссертационная работа выполнена в отделе мониторинга ледников криосферы, гляциологии и ГИС технологий ГНУ «Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»

Научные руководители: Амирзода Ориф Хамид – доктор технических наук, доцент, гл.н.с. Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана.

Официальные оппоненты: Мухаббатов Холназар – доктор географических наук, профессор кафедры «Методология преподавания географии и туризма» географического факультета Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни.

Ходжибаев Далержон – кандидат технических наук, заведующий кафедрой экологии, со-заведующий кафедрой ЮНЕСКО по исследованиям воды, экологическому образованию, устойчивому развитию Горно-металлургического института Таджикистана.

Ведущая организация: Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава

Защита диссертации состоится «25» сентября 2026 года в 9:00 часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-059 при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734042, г. Душанбе, улица Бофанда 5/2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана: www.imoge.tj.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2026 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



Шаймуратов Ф.И.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы (предмета) исследования: Изучение состояния оледенения в современных климатических изменениях является одним из основных задач в области гидрологии и гляциологии. Климатические изменения негативно влияют на уязвимые географические объекты, в том числе на ледники и водные ресурсы Таджикистана. Баланс массы горных ледников является одним из основных индикаторов климатических изменений от которого зависит речной сток региона в летнее время. Исследования местных и зарубежных специалистов показывают сокращение площади ледников на всех континентах, особенно деградации подвержены ледники малых размеров.

Специалистами применяется множество методов изучения ледников, такие как анализ отступа языковой части ледника, сравнительный анализ многолетних метеоданных, анализ изменения площади ледника и другие виды анализа ледников. Однако применение подобных методов при изучении ледников имеет свои недостатки, в том числе и неспособность точно отражать изменение ледников от года к году. На это влияет время реакции ледника на изменения в климате, то есть существует задержка между изменением климата и реакции ледника.

В отличие от этих подходов измерение баланса массы позволяет получить данные о состоянии ледника от года к году, прослеживая ее динамику ежегодно. Исходя из этого применение метода баланса массы ледника, позволяет получать более точную информацию о состоянии ледника особенно в краткосрочном периоде.

Таким образом, измерение баланса массы ледников позволяет, определить состояние ледников сейчас и на этих данных прогнозировать будущее их состояния, что позволит определить долю талой воды в будущем в речных системах горных регионов. Это позволит принимать решения для адаптационных мер к климатическим изменениям и снизит ущерб от её влияния.

Исходя из вышеизложенного, проведения научных исследований в целом способствуют обеспечению развитию различных секторов экономики при планировании, прогнозировании и управления водными ресурсами.

Степень изученности научной темы. Восточный Памир с точки зрения изучения ледников является белым пятном для специалистов и ученых изучающие климатические изменения и их влияние на речные системы, Советскими учеными были проведены рекогносцировочные исследования ледников данной местности, что оставляла больше вопросов, чем ответов.

Исследования ледников Восточного Памира современными учёными проводились с помощью дистанционного зондирования без наземных полевых изысканий, что сказывается на точность данных.

Гляциологические исследования, посвящённые оледенению Западного и Восточного Памира, были проведены такими учёными как Котляков В.М. [1], Рототаева О.В. [1], Коновалов В.Г. [5] и др.

Измерение динамики баланса массы ледников Восточного Памира гляциологическим методом в прошлом не проводились, что является, целью данной диссертационной работы. Данная диссертационная работа содержит актуальные данные о количестве ледников, изменение их площади, балансе массы ледников и моделирование баланса массы.

Связь исследования с программами (проектами) и научной тематикой. Тема диссертационной работы разработана на основе стратегических документов Республики Таджикистан, в частности «Государственная программа изучения и сохранения ледников Республики Таджикистан на 2010-2030 годы, «Национальная водная стратегия Республики Таджикистан на период до 2040 года»; а также при выполнении научно-исследовательской работы, проводимой ГНУ «Центра изучения ледников» Национальной академии наук Таджикистана на тему: «Разработка Каталога (атласа) ледников Республики Таджикистан на основе инновационных геоинформационных технологий» на период 2022-2026гг. (НИР): ГР №0123TJ1528.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования - изучение и оценка влияния климатических изменений на баланс массы и динамику ледников в высокогорной местности бассейна озера Ховаркуль на Восточном Памире.

Задачи исследования. Для того, чтобы получить желаемые результаты необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ оледенения бассейна озера Ховаркуль с применением новых технологий за 2018 г.
2. Используя современные технологии, провести оценку динамики оледенения с 1977 по 2018 гг. бассейна озера Ховаркуль.
3. Усовершенствовать методы и технологии расчётов баланса массы ледников бассейна озера Ховаркуль.
4. Смоделировать баланс массы ледников бассейна озера Ховаркуль.

Объект исследования – оледенение бассейна озера Ховаркуль.

Предмет исследования - совершенствование методов и технологий измерения баланса массы ледников, моделирования и применённых методов дистанционного зондирования ледников бассейна озера Ховаркуль.

Прямой гляциологический метод для измерения баланса массы ледников, основанный на полевых изысканиях и камеральных работах. Моделирование баланса массы ледников с помощью модели "SMB". Использование дистанционного зондирования, которые включают обработку спутниковых снимков Landsat 1-8, Sentinel 2A, ЦМР Alos Palsar и SRTM, обработка данных происходит в таких программах как ArcGIS, QGIS и других геоинформационных системах.

Научная новизна.

1. Изучено современное состояние оледенения бассейна озера Ховаркуль.
2. Составлены современные карты ледников бассейна озера Ховаркуль.
3. Получены первые данные баланса массы ледников бассейна озера Ховаркуль (на примере ледника №139).
4. Усовершенствована методика мониторинга состояния ледников бассейна озера Ховаркуль.
5. Смоделировано баланс массы ледников бассейна озера Ховаркуль.
6. Разработаны рекомендации по исследованию ледников с применением ДЗЗ, моделированием и прямыми гляциологическими методами с учётом особенностей климатогеографических условий бассейна озера Ховаркуль.

Положения, выносимые на защиту:

1. Анализ измерения таяния ледников с использованием ДЗЗ, бассейна озера Ховаркуль.
2. Состояния современных ледников и измерение баланса массы ледника №139 в бассейне озера Ховаркуль на Восточном Памире.
3. Результаты моделирования баланса массы ледника №139 в бассейне озера Ховаркуль.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Результаты данной диссертационной работы могут быть использованы при:

- мониторинге оледенения и оценке влияния климата на ледники с применением методов дистанционного зондирования;
- расчёте баланса массы ледников в современных климатических условиях Восточного Памира;
- моделирование баланса массы ледников в климатических условиях всего Восточного Памира.

- изучение гляциологического режима ледников бассейнов рек Таджикистана с применением современных средств ДЗЗ;
- методические и технологические основы определения баланса массы ледников и моделирования;

Степень достоверности результатов диссертации основывается на следующих ключевых аспектах: использование методов для исследований, которые существуют и проверены временем, а также их эффективность подтверждена отечественными и зарубежными учёными в процессе получения результатов за многолетний период. Подтверждение достоверность результатов работы обеспечивается комплексным подходом, включающим применение проверенных методов, проведение полевых и камеральных исследований, использование современных технологий ДЗЗ, статистический анализ, сравнение с данными других исследователей и одобренными научным сообществом.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Содержание данной работы отражает следующие пункты паспорта специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.37. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия):

3. Проблемы региональной гидрологии подобия и различия водосборных территорий по условиям формирования речного стока, генезиса составляющих стока, физической и стохастической природы колебаний водности рек, пространственно-временной изменчивости региональных и местных водных ресурсов.

4. Особенности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов в озерах и водохранилищах, динамические явления в озёрах, водохранилищах и прудах, генезис и трансформация состояния водных масс, проблемы лимнологического моделировании внутриводоемных явлений, гидроэкологической оптимизации режима водоёмов суши.

12. Разработка методов математического моделирования гидрологических и гидрохимических процессов.

Личный вклад соискателя ученой степени в подготовке диссертации. Данная работа является результатом проведённых исследований автора в «Центре изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана» и состоит в выборе направления исследования и решения поставленных задач, проведения полевых изысканий, обработке и анализе

полученных данных, разработке рекомендаций, а также внедрения их в научные и исследовательские работы.

Выводы по результатам проведенных научных, - и научно-полевых и экспедиционных исследований были осуществлены научными руководителями.

Апробация и внедрение. Результаты работы были доложены и обсуждены на республиканских и международных научных конференциях: «Летняя школа по академическому письму в рамках Конкурса студенческих исследований по устойчивому управлению природными ресурсами в Центральной Азии и Афганистана» (г. Алматы, 2019), Международная научно-практическая конференция «Современное состояние ледников, оледенение и криосфера в процессе глобального потепления», (г. Душанбе, 2021), «Первая конференция по проекту Памир» (г. Фрибург, Швейцария, 2022), «Ледники Республики Таджикистан: состояние, положение и перспективы изучения» (г. Душанбе, 2022), Международная научная конференция «Вопросы изучения, сохранения ледников и рациональное использование водных ресурсов Центральной Азии» (г. Душанбе, 2022), Международная конференция «Бакинский молодежный климатический диалог I» (г. Баку, 2024).

Публикации по теме диссертации. Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 16 научных статьях, в том числе 5 научных статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из 148 стр. компьютерного текста, из них 120 стр. основного текста, и состоит из введения, 4 глав, заключения и приложений. В работе содержится 48 рисунков и 15 таблиц. Список использованной литературы состоит из 182 наименований, в том числе 108 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертационной работы обоснована актуальность темы исследования, анализирована степени изученности темы исследования со стороны зарубежных и национальных ученых, а также сформулированы цели и задачи исследования. Определены объект, предмет и методы исследования. Показаны научные новизны диссертационной работы, теоретическая и практическая значимость, достоверность полученных результатов, а также основные положения, выносимые на защиту. Определен личный вклад автора,

приведены апробация работ по теме исследования, а также объем и структура диссертации.

Первая глава диссертации посвящена вопросами актуальности проведенных научных, фундаментальных и прикладных криосферных исследований, особенно на территории Таджикистана. Анализированы различные методы изучения криосферы, которые дают возможность понимания различных климатических процессов для своевременного прогнозирования будущего состояния оледенения. «Результаты обзора литературы показывают, что на ледниках Восточного Памира за последние 50 лет не проводились фундаментальные исследования, в том числе измерение баланса массы ледников» [1].

«Согласно последним данным в бассейне озера Ховаркуль имеется более 400 ледников, площадь которых более 0,1 км² с общей площадью более 560 км², начиная с малых каровых и заканчивая большими дендритными ледниками, например, как ледник Октябрьский» [1].

Во **второй главе** диссертации представлены гляциологические исследования с применением современных технологий и технических средств мониторинга.

«Гляциологические исследования с применением современных технологий и технических средств мониторинга оледенение бассейна озера Ховаркуль» [2, 3]. «Расшифровка ледников выбранного объекта проводилась путём анализа спутниковых снимков (landsat 2-5-7-8). Поскольку в конце августа и начале сентября ледники освобождаются от сезонного снега, идентификация и определение контуров ледников бассейна производились на основе спутниковых снимков этого временного периода (таблица 1)» [4, 5].

Таблица 1. - Спутниковые снимки, использованные в работе (составлено самим автором)

Тип спутника	Дата съёмки	Комбинация каналов
Landsat 02 MSS	1977.09.28	SWIR-NIR-RED
Landsat 05 MSS/TM	1994.09.01	SWIR-NIR-RED
Landsat 05 MSS/TM	1998.09.12	SWIR-NIR-RED
Landsat 07 ETM+	2008.07.29	SWIR-NIR-RED
Landsat 08 OLI/TIRS	2018.09.03	SWIR-NIR-RED
Sentinel-2	2015-2018	SWIR-NIR-RED
SRTM	2000	
ALOS PALSAR	2006-2011	

Для общего понимания состояния оледенения бассейна озера Ховаркуль была произведена оцифровка всех ледников.

«Для измерения баланса массы ледника приведены результаты полевых исследований и камеральной обработки расчёта баланса массы ледников. Исследование выполнялось в соответствии с широко используемой методикой, проверенной годами опытов мировой практики» [6, 7].

«С использованием спутникового снимка Sentinel-2A за 2019 год и программы ArcGIS была построена схема ледника, определена его площадь, добавлены изолинии, а также создана трёхмерная модель ледника №139 с целью лучшего визуального восприятия объекта и его орографии» [8].

«Процесс исследований включал два этапа: проведение полевых изысканий (рисунок 1) и камеральную работу по подсчёту баланса массы ледника. Полевые исследования включали выполнение следующих работ» [8].

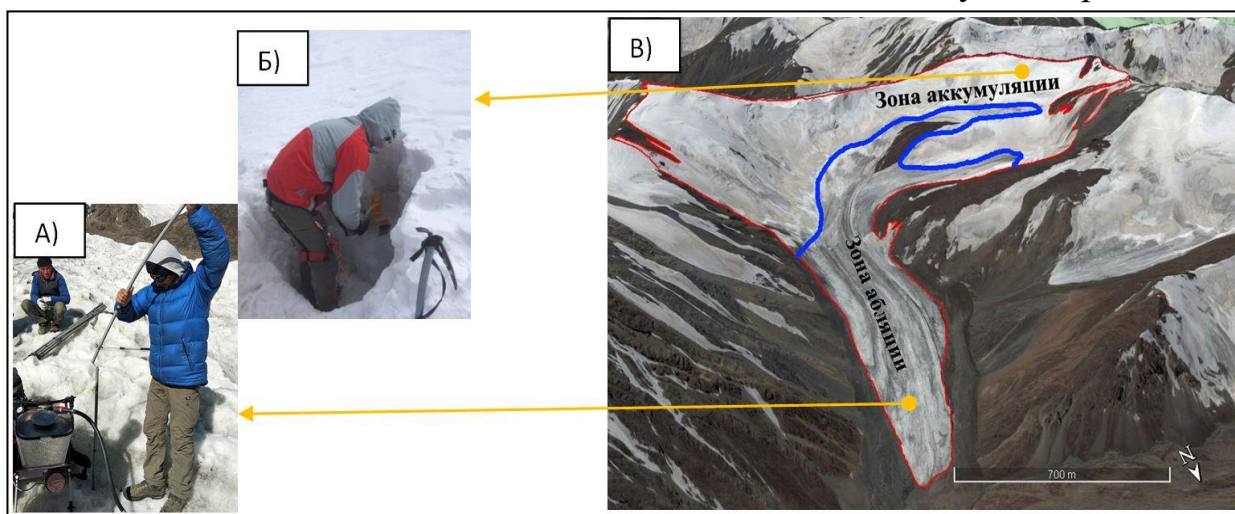


Рисунок 1. - Основные методы полевых работ: А) Рейка в зоне абляции; Б) Шурф в зоне аккумуляции; В) Зоны абляции и аккумуляции ледника

В 2018 году на заранее определённых точках, идентифицированных удалённо, было размещено 7 реек на глубину 4 и 6 метров для измерения абляции. Рейки для оценки потери массы в зоне абляции ледника были установлены с использованием паробура на дату 05.08.2018 года. В 2019 году 5 августа были получены данные с реек, и затем были переустановлены новые рейки. Результаты работ в зоне аккумуляции дали возможность получить информацию о плотности и высоте снежного накопления.

Использование метода контурных линий для расчёта годового баланса массы ледника. Для анализа баланса массы применялись два метода: профильный метод и метод изолиний. Профильный метод основан на изменении локальных значений баланса массы в зависимости от высоты. Метод изолиний баланса массы заключается в интегрировании по всей площади ледника. Используя профильный метод, мы анализировали баланс

массы для каждого 100-метрового интервала высот, каждый из которых имел свою площадь. Для области абляции определяли площадь между изолиниями как линейную регрессию, соответствующую всем ежегодным измерениям (рис.2).

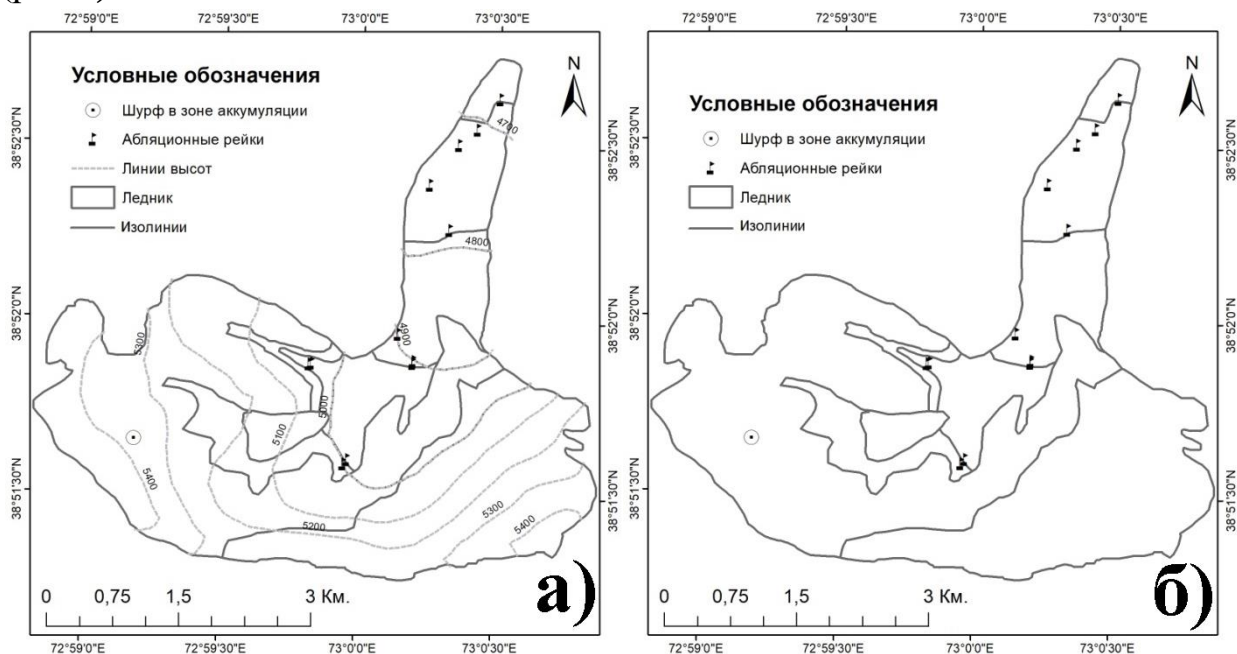


Рисунок 2. - Измерения баланса массы ледника. Профильный метод (а), метод изолиний (б)

Линия равного баланса массы ледника проведена между точками, равными 1,5 м в.э. для области A1 с площадью 0,06 км² было присвоено значение -1,75 м в.э., а для области A2 с площадью 0,53 км² было присвоено значение -1,25 (разница 0,5 м в.э.). Область A2 имеет большую площадь на данном леднике, это связано с тем, что данная площадь расположена на пологой местности и не имеет большой разницы высоты.

Моделирование расчет баланса массы ледников. Для моделирования баланса массы были использованы такие данные как таяние ледника в зоне абляции, которые были получены путём установки в зоне абляции абляционных реек, и накопление снега в зоне аккумуляции путём проведения измерений в шурфе, выкопанном в зоне аккумуляции. Также для моделирования мы использовали метеоданные. Параметры модели задаются в файле `set_params.R` в папке модели. Мы открываем этот файл в RStudio и устанавливаем параметры, как показано в таблице 2. Есть много других параметров, которые можно установить, но в этом первом моделировании мы устанавливаем только самые важные из них. При изменении параметров важно сохранить тот же формат.

Таблица 2. - Параметры модели, которые мы изменяем

Parameter name (Имя параметра)	Value (Значение)	Explanation (Пояснение)
name_glacier	"zulmart"	Имя ледника, это то же, что и папка в input \
filename weather	"weather_zulmart.dat"	Имя метеофайла, которое мы установили
file weather nskip	4	Количество строк, которые нужно пропустить в метео-файле, есть 4 строки, которые не являются
grids_crs	32643	EPSG код системы координат, 32643 - зона UTM
filename massbalance annual	"mb_zulmart.dat"	Имя файла с годовыми измерениями баланса массы, который мы установили
filename massbalance winter	""	Имя файла с зимними измерениями баланса массы. У нас этого нет, поэтому мы оставляем его пустым ("")
weather aws elevation	4000	Высота метеоданных. В файле Зулмарт указана высота 4000 м
first _ year	2019	Первый год, который мы хотим смоделировать: 2019
last_year	2019	Последний год, который мы хотим смоделировать, мы хотим сделать только один год, так что это снова

В третьей главы диссертации представлены исследования и результаты камеральной обработки расчёта динамики ледников.

Гляциологические исследования и оценка динамики оледенения бассейна реки Сарыгун. Бассейн реки Сарыгун (рис.3) является правым притоком реки Акджилга, которая в свою очередь впадает в озеро Ховаркуль. Проведённая оцифровка ледников бассейна реки Сарыгун и оценка их площади охватывает период с 1977 по 2018 год. Анализ спутниковых снимков за этот период показал уменьшение площади почти всех ледников, за исключением ледника №135.

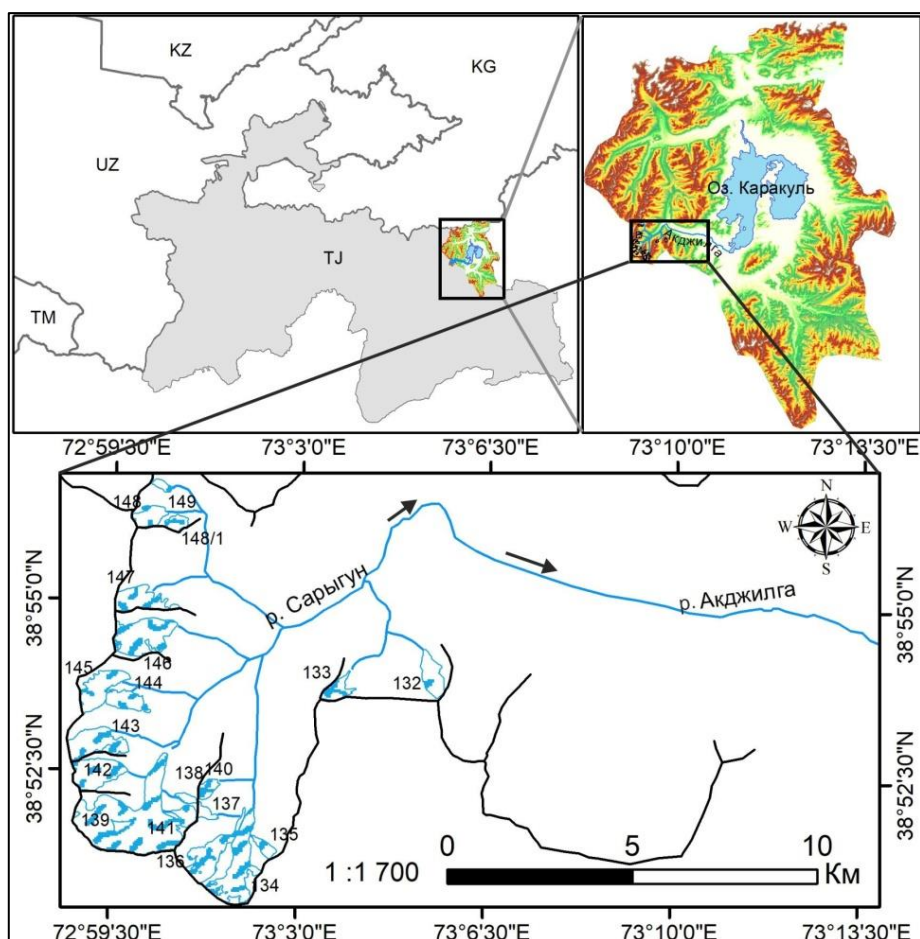


Рисунок 3. – Карта бассейна реки Сарыгун, приток озера Ховаркуль (составлено автором)

Более подробные данные об изменении площади ледников приведены в таблице 3.

Таблица 3. - Площади ледников по данным дистанционного зондирования с 1977 по 2018 гг.

Река Сарыгун приток р. Акджилга. Бассейн оз. Ховаркуль (Каракуль)							
№ ледника	Тип	Экспозиция	Площадь ледников км ²				
			1977г.	1994г.	1998г.	2008г.	2018г.
132	Долинный	СЗ	0.59	0.55	0.54	0.54	0.53
133	Долинный	СВ	0.41	0.41	0.41	0.33	0.33
134	Долинный, часть сложно долинный	С	1.49	1.46	1.46	1.43	1.36
135	Склоновый, часть сложно долинный	СЗ	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
136	Долинный, часть сложно долинный	С	1.01	0.94	0.94	0.89	0.89
137	Долинный	В	0.16	0.16	0.17	0.15	0.14
138	Карово долинный	СВ	0.24	0.22	0.26	0.21	0.21
139	Долинный	С	3.85	3.76	3.75	3.7	3.66
140	Долинный	З	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12
141	Висячий	З	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24
142	Долинный	В	0.97	0.97	0.98	0.94	0.92

Продолжение таблицы 3

143	Склоновый	В	1	1	0.99	0.93	0.89
144	Склоновый	С	0.54	0.52	0.52	0.47	0.46
145	Долинный	СВ	0.81	0.81	0.81	0.79	0.79
146	Долинный	В	1.32	1.28	1.27	1.23	1.23
147	Склоновый	СВ	0.84	0.81	0.82	0.74	0.7
148	Асимметрично долинный	В	0.71	0.68	0.69	0.62	0.58
149	Долинный	В	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11
Всего			14.65	14.27	14.31	13.64	13.34

Исследования выявили сокращение общей площади ледников в изучаемом бассейне на 9% (1,3 км²) с 1977 по 2018 год. При этом в первое десятилетие уменьшение составило 0,38 км², во второе – незначительное, а в третье – 0,67 км². В четвёртое десятилетие площадь оледенения бассейна сократилась на 0,3 км².

На рисунке 4 показаны пронумерованные границы ледника по годам на основе спутниковых снимков. Линия 1 – граница 2018 года, линия 2 – 2008 года. Видно, что с 2008 по 2018 год ледник отступил на 80 м. С 1998 по 2008 год (линии 3, 2) отступление составило 40 м, с 1994 по 1998 год (линии 4, 3) – 30 м, с 1977 по 1994 год (линии 5, 4) – 50 м. В общей сложности с 1977 по 2018 год ледник отступил на 200 метров.

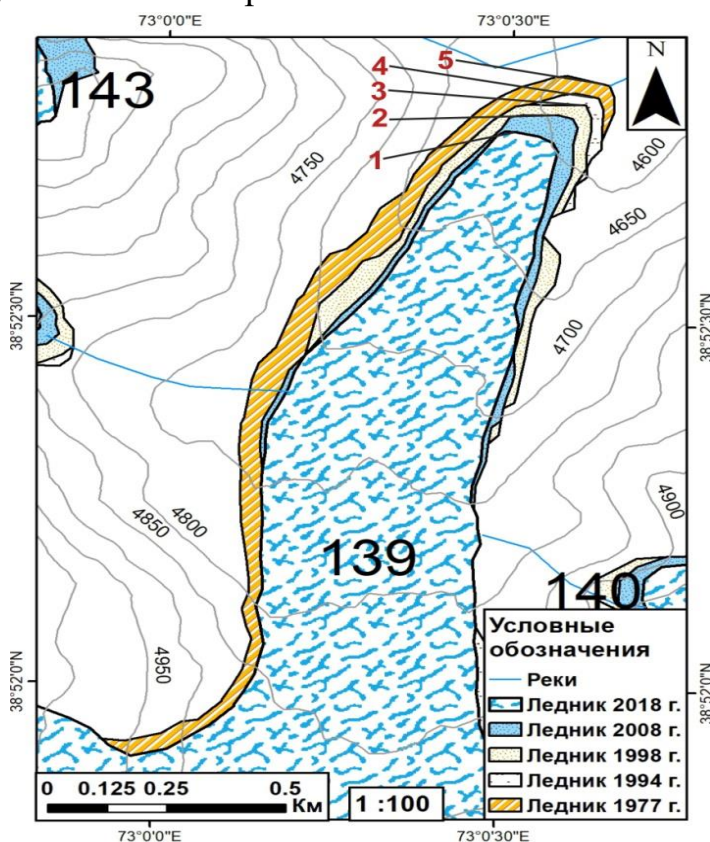


Рисунок 4. - Отступ ледника №139 (составлено автором)

Первое измерение баланса массы ледника на восточном Памире в бассейне озера Ховаркуль, показал нижеследующие результаты.

Средний баланс массы в области $b_1 = -1,75$ м в.э., площадь данной области равна $A_1 = 0,06$ км², по формуле $A \cdot b = \Delta M$ был получен баланс массы данного поля – $\Delta M_1 = -0,105$ м в.э. Такие действия были проведены и для других полей:

A = область с равным балансом массы (зоны между изолиний), км²

b = присвоенное значение баланса массы, м в.э.

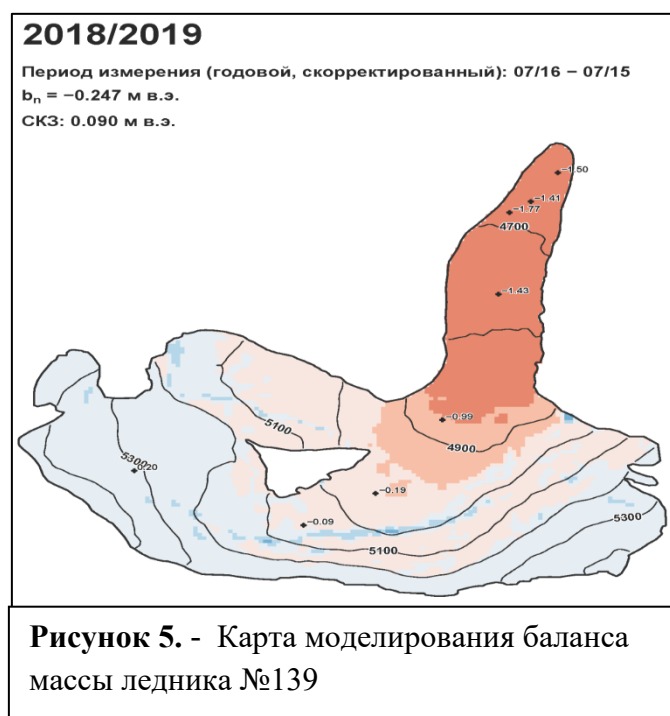
$$A \cdot b = \Delta M$$

$$\Delta M_{\text{сумма}} = \Delta M_1 + \Delta M_2 + \dots + \Delta M_6$$

$$\Delta M_{\text{сумма}} / A_{\text{сумма}} = B \text{ м в.э.}$$

Таблица 4. - Расчёт баланса массы

Площадь каждого поля км ²	Баланс массы каждого поля
$A_1 = 0,06$ км ²	$\Delta M_1 = A_1 \cdot b_1 = 0,06 \cdot (-1,75) = -0,105$
$A_2 = 0,53$ км ²	$\Delta M_2 = 0,53 \cdot (-1,25) = -0,6625$
$A_3 = 0,17$ км ²	$\Delta M_3 = 0,17 \cdot (-0,75) = -0,1275$
$A_4 = 1,15$ км ²	$\Delta M_4 = 1,15 \cdot (-0,25) = -0,2875$
$A_5 = 1,21$ км ²	$\Delta M_5 = 1,21 \cdot 0 = 0$
$A_6 = 0,11$ км ²	$\Delta M_6 = 0,11 \cdot 0,25 = 0,0275$
$A_7 = 0,42$ км ²	$\Delta M_7 = 0,42 \cdot 0,5 = 0,21$
	$\Delta M_1 + \Delta M_2 + \Delta M_3 + \Delta M_4 + \Delta M_5 + \Delta M_6 + \Delta M_7 = -0,945$
Баланс массы = $\frac{\Delta M_{\text{сумма}}}{A_{\text{сумма}}} = \frac{-0,945}{3,66} = -0,26$ м в.э.	



Модель (рис.5) отображает распределение годовых значений баланса массы поверхности (SMB) для ледника №139 на Восточном Памире в бассейне озера Ховаркуль за период с 07/16/2018 по 07/15/2019.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие наблюдения по моделированию ледника №139: Рисунок ба показывает сезонные изменения баланса массы в

течение года. Отрицательные значения присутствуют с июля по ноябрь, достигая минимума около $-0,6$ м в.э. в октябре, что соответствует периоду абляции или таяния льда. Положительные значения наблюдаются с декабря по июнь, с максимумом около $-0,2$ м в.э. в апреле-мае, указывая на период аккумуляции или накопления снега. А рисунок 6б демонстрирует летний зимний и годовой баланс массы ледника, кривая начинается с отрицательных значений около $-0,7$ м в.э. в июле-августе, что отражает летнее таяние. Затем она постепенно восстанавливается до положительных значений в декабре-январе после осенне-зимней аккумуляции. Максимум около $-1,0$ м в.э. достигается в мае-июне, после чего наблюдается резкое снижение, завершая годовой цикл.

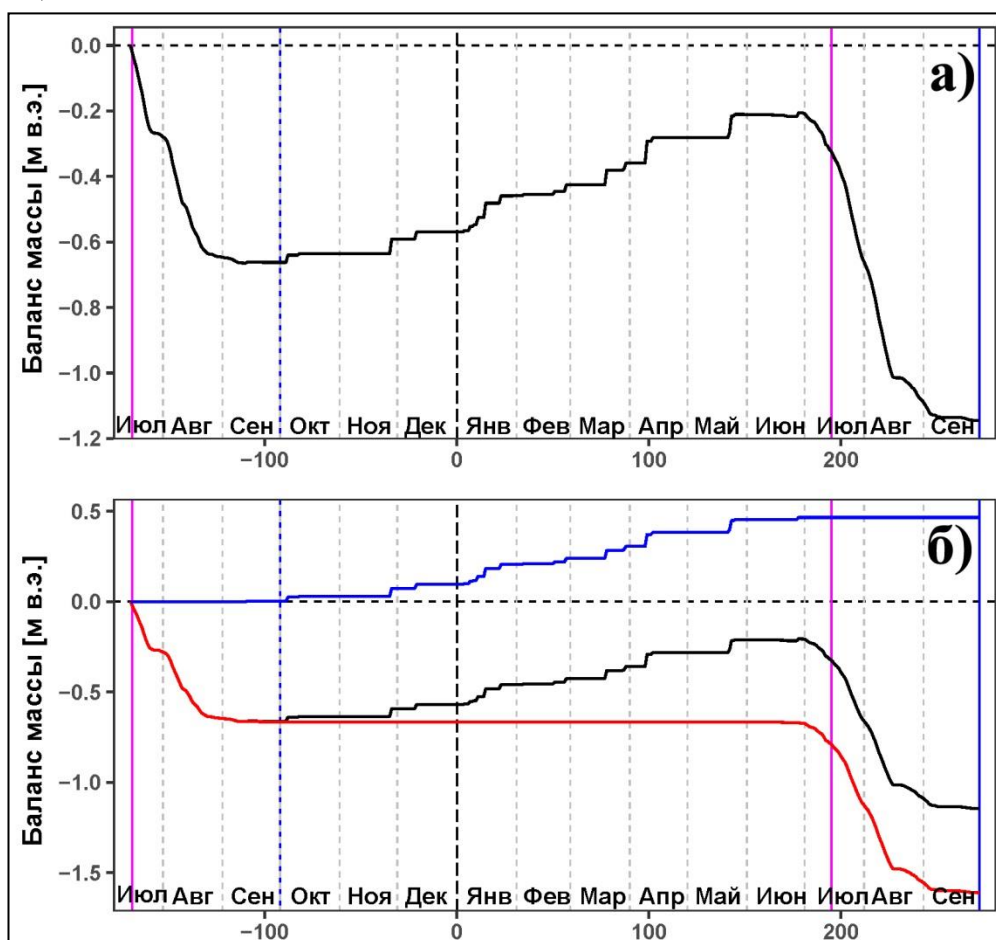


Рисунок 6. - Моделирование поверхностной баланса массы ледника №139

Четвертая глава посвящена оценка и анализ изменений ледников бассейна озера Ховаркуль

Анализ динамики деградации в зависимости от типа ледников выявил, что наиболее подвержены деградации асимметрично-долинные, склоновые и карово-долинные ледники (таблица 4).

Таблица 5. - Изменения площади оледенения бассейна по типу в процентах

Тип ледников	Уменьшение площади в %
Долинный	-7%
Долинный, часть сложно долинный	-10%
Склоновый, часть сложно долинный	0%
Карово долинный	-13%
Висячий	-4%
Склоновый	-14%
Асимметрично долинный	-18%

Проведённые исследования на леднике №139 показывают, что ледники на Восточном Памире в бассейне озера Ховаркуль более стабильны, чем в других бассейнах рек Таджикистана. Скорее всего, это может быть связано с тем, что ледники, расположенные на высоте более 4500 метров над уровнем моря и где климат сурово холодный.

Расчёт баланса массы. Данные, полученные на полевых изысканиях, дали нам возможность рассчитать баланс массы профильным методом (рисунок 7).

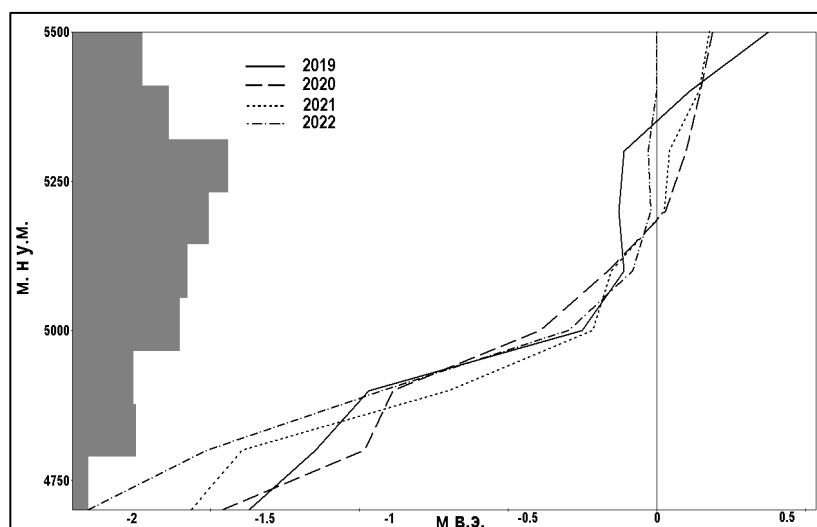


Рисунок 7. - Результаты измерения баланса массы профильным методом (составлено автором)

Результаты моделирования (рисунок 8) ледника №139. На рисунке 8а показаны различные оценки годового изменения высоты ледника в диапазоне значений баланса массы. Красная линия представляет измеренное годовое изменение высоты, оранжевая линия представляет собой оценку полного гидрологического года, а синяя линия показывает фиксированные зимние даты. Заштрихованная область показывает изменение площади ледника в зависимости от высоты. Рисунок 8б предоставляет статистические данные по

смещению (0,000 м водного эквивалента) и среднеквадратической ошибке (0,226 м водного эквивалента) оценок баланса массы, показанных на диаграмме рассеяния точек. Разброс предполагает некоторый изменчивость в оценках баланса массы вокруг общей положительной тенденции, соответствующей увеличению высоты ледников.

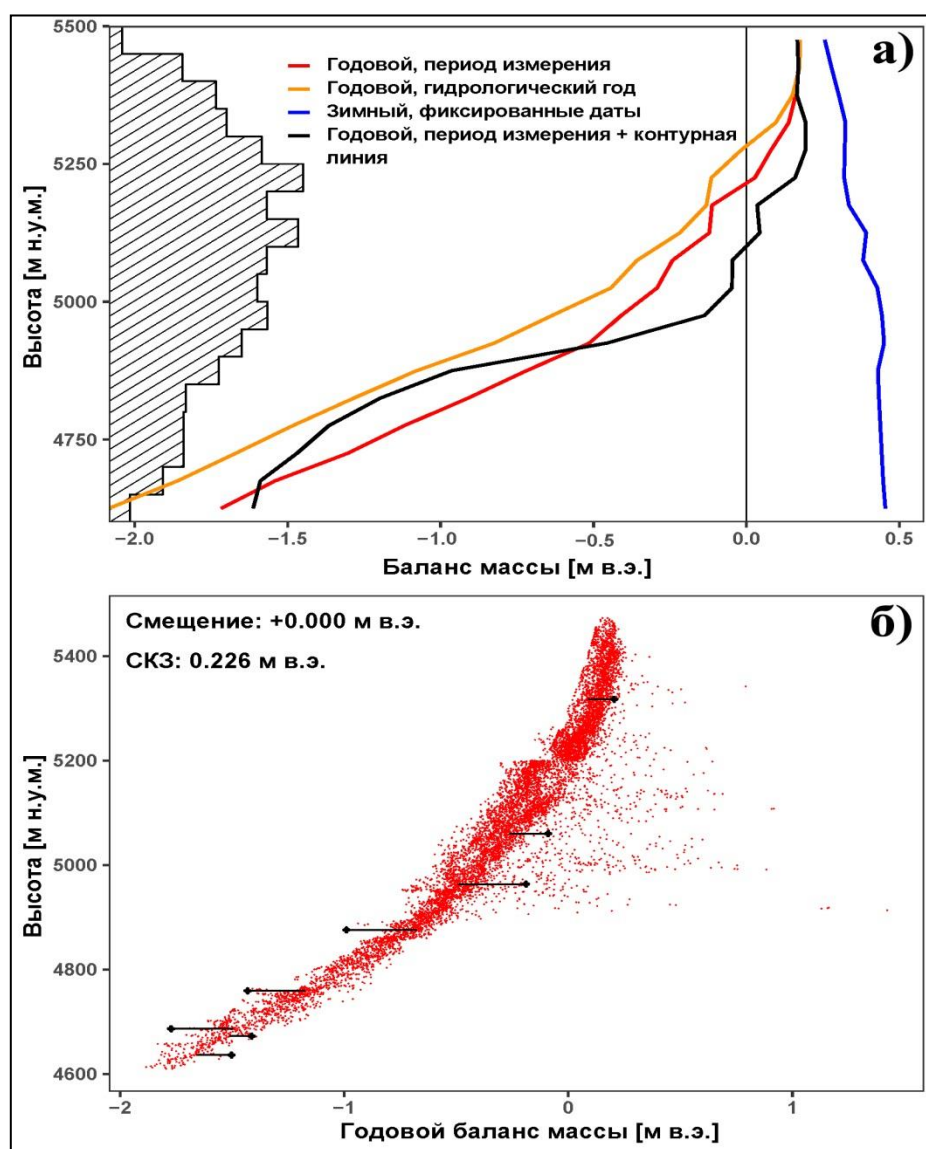


Рисунок 8. - Годовое изменение высоты ледника в диапазоне значений баланса массы

Была проведена моделирование баланса массы ледников в бассейне реки Сарыгун для определения состояния ледников на различных высотах.

Общий отрицательный баланс массы ($bm = -0.282$ м.в.э.) указывает на преобладающую потерю массы ледниками в этом бассейне за рассматриваемый период. Это согласуется с общей тенденцией сокращения оледенения в горных районах в результате изменения климата.

Разброс индивидуальных значений баланса массы от -2.0 до +1.0 м.в.э.

демонстрирует значительную пространственную изменчивость процессов аккумуляции и абляции на разных ледниках. Она может быть вызвана различиями в их размерах, высотах, ориентации, окружающем рельефе и микроклимате. Преобладание красных цветов (отрицательный баланс) говорит о том, что большинство ледников в этой территории теряли массу в течение измеренного периода. Однако наличие некоторых синих цветов (положительный баланс) указывает на то, что для отдельных ледников условия были более благоприятными для аккумуляции массы.

Среднеквадратичная ошибка 0.107 м в.э. является относительно низкой, что свидетельствует о хорошей точности моделирования в целом для этой территории. Для более глубокого анализа требуется дополнительная информация о метеорологических условиях и особенностях отдельных ледников, а также долговременный ряд наблюдений для выявления устойчивых трендов.

В целом, результаты исследования указывают на сложную картину изменения оледенения с преобладанием потери массы в этом высокогорном регионе в период 2018/2019 гг., что согласуется с ожидаемыми последствиями климатических изменений (рис.9).

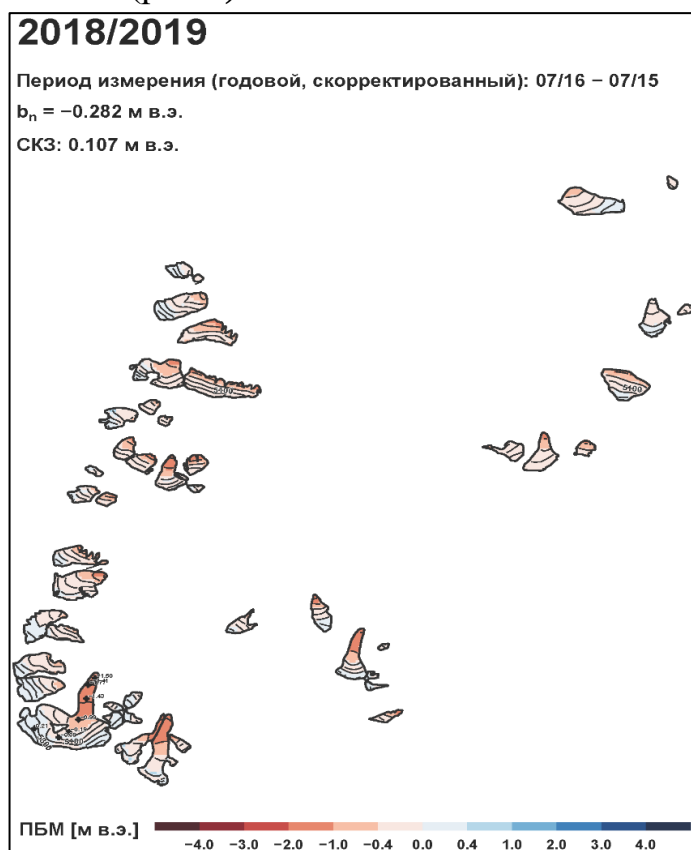


Рисунок 9 - Моделирование баланса массы ледников бассейна реки Сарыгун притока озера Ховаркуль

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе комплексного анализа с использованием данных дистанционного зондирования, ГИС технологий, цифрового моделирования и наземных полевых наблюдений получены новые научные результаты по динамике оледенения в высокогорном регионе Восточного Памира на примере бассейна озера Ховаркуль [1-А, 10-А].

2. Подтверждено, что дистанционное зондирование является оперативным и недорогим источником информации при исследовании и анализе ледников. Данный метод позволяет определить основные характеристики ледников, в том числе характер их динамики [9-А, 13-А].

3. Установлено, что измерение баланса массы ледников является наиболее точным методом для определения ежегодного состояния ледников, это позволяет в контексте климатических изменений определить ежегодные изменения в криосфере, что позволяет прогнозировать сток рек с ледниковым питанием наиболее точно [4-А, 7-А].

4. Полученные данные вносят существенный вклад в развитие гляциологических исследований и понимание процессов, происходящих в ледниковых системах Восточного Памира. Они имеют важное научное и прикладное значение для оценки водных ресурсов региона, прогнозирования изменений стока и связанных с ними рисков в условиях меняющегося климата [3-А, 4-А].

5. Выявлены основные характеристики динамики оледенения бассейна озера Ховаркуль, которые подтверждают общую тенденцию сокращения оледенения по всему региону [11-А, 12-А].

6. Смоделирована баланса массы ледников бассейна реки Сарыгун, которая в свою очередь втекает в озеро Ховаркуль, для определения состояния ледников на различных высотах. Общий отрицательный баланс массы ($b_m = -0.282$ м в.э.) указывает на потерю массы ледниками в этом бассейне за рассматриваемый период. Это согласуется с общей тенденцией сокращения оледенения в горных районах в результате климатических изменений [2-А].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Использование данных о современном состоянии и динамике ледников для уточнения прогнозов изменения водных ресурсов региона. Полученные количественные оценки баланса и изменения площадей ледников позволяют лучше и более точно моделировать поступление талых ледниковых вод в речные системы. Это важно для планирования водопользования в сельском хозяйстве, энергетике и других отраслях.

2. Применение детальных карт оледенения и топографии ледников для оценки риска, связанного с опасными ледниково-глициальными процессами (прорывы ледниковых озер, ледниковые обвалы, селевые потоки и др.). Эти

данные необходимы для составления кадастров и разработки мер по защите населённых пунктов и занятости.

3. Результаты исследования оледенения помогают спрогнозировать возможные последствия климатических изменений и определить наиболее уязвимые районы, которые требуют принятия адаптационных мер.

4. Материалы диссертаций могут быть использованы в качестве иллюстраций и обновлений учебных курсов. Результаты диссертации имеют широкий спектр возможного практического применения в научной, образовательной и природоохранной деятельности, а также для управления водными мероприятиями и предотвращения возникновения рисков в горных районах.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[1-A]. Кабутов Х.К. Современное состояние малых ледников бассейна озера Каракуль: исследования и оценка / / Кабутов Х.К. // Водные ресурсы, энергетика и экология. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – 2025. – № 5.

[2-A]. Кабутов Х.К. Моделирование баланса массы ледника №139 бассейна озера Каракуль Восточного Памира с использованием модели SMB / Кабутов Х.К., Амирзода О.Х., Шерализода Н.Ш., Hoelzle M., Mattea E., Saks T., Barandun M. // Водные ресурсы, энергетика и экология. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – 2024. – № 4.

[3-A]. Kabutov K. A Comprehensive Examination of the Medvezhiy Glacier's Surges in West Pamir (1968–2023) / M. Murodov, L. Lanhai, M. Safarov, L. Mingyang, A. Murodov, A. Gulakhmadov, K. Kabutov, Q. Yubao // Remote Sensing. – 2024. – Т. 16. – №. 10. – С. 1730.

[4-A]. Кабутов Х.К. Баланс массы ледника Восточный Зулмарт (№139) за 2018-2022 годы / А. Каюмов, Х. К. Кабутов, М. Хольцле, М. Барандун // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2023. – № 1(190). – С. 94-102.

[5-A]. Кабутов Х.К. Динамика изменения оледенения бассейна реки Сарыгун в районе озера Каракуль / А. Каюмов, Х. К. Кабутов, Х. Д. Наврузшоев // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2022. – № 3(188). – С. 165-173.

Опубликованные статьи в других изданиях

[6-A]. Khusrav K. The Impact of Glacia Degradation on the State of the Agricultural Sector in the High-Mountain Territories of Tajikistan / K. Khusrav, N.

Hofiz, H. Aziz //International Journal of Trend in Scientific Research and Development. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 1-8.

[7-А]. Кабутов Х.К. Исследование ледника Восточный Зулмарт (№139) гляциологическим методом / А.К.Каюмов, Х.К.Кабутов // Криосфера. – 2022. – Том 8. – №3-4. – С. 109-117.

[8-А]. Кабутов Х.К. Баланс массы ледника № 139 бассейна озера Каракуль Восточного Памира. / Х.К. Кабутов, А. Каюмов, Т. Сакс, Х. Наврузшоев, Ф. Восидов, Н. Неккадамова, А. Халимов // Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов. – 2022. – № 8(2). – С. 70–84.
<https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/70-84.rus>

[9-А]. Кабутов Х.К. Динамика площади зеркала горных озер бассейна реки Гунт (Памир, Таджикистан) / Х.Д. Наврузшоев, Ж. Сагинтаев, Х. Кабутов, Н. Неккадамова, Ф. Восидов, А. Халимов // Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов. – 2022. – 8(2). – С. 85–101.
<https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/85-101.rus>

[10-А]. Кабутов Х.К. Крупные ледники бассейна реки Гунт, (Памир Таджикистан). А. Каюмов, Х.Д. Наврузшоев, Х.К. Кабутов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2021. – №1(1). – С. 43-50.

[11-А]. Кабутов Х.К. Оценка деградации ледников притока реки Иштансалды бассейна реки Сурхоб дистанционным методом. / А.К. Каюмов, У. Амиров, Х. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев. // Криосфера. – 2021. – Том 1. – №1-2. – С. 62-71.

[12-А]. Кабутов Х.К. Текущее состояние ледников бассейна реки Ситарги в ходе изменения климата. / А.К. Каюмов, С.Т. Гозиев, У.Р. Убайдуллоев, Х.К. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев // Криосфера. – 2021. – Том 1. – №1-2. – С. 79-87.

[13-А]. Кабутов Х.К. Современное состояние ледников бассейн реки Батрут в условиях изменения климата. / А.К. Каюмов, А.Х. Давлятова, Х.К. Кабутов., Х.Д. Наврузшоев, Х. Саидзода. // Криосфера. – 2021. – Том 1. – №3-4. – С. 91-100.

Публикации в материалах научных конференций

[14-А]. Кабутов Х.К. Содержание тяжелых металлов в пробах атмосферных осадков и почв маренах ледника Зулмарт / А.К. Каюмов, С.Ф. Абдуллаев, Д.А. Каюмова, Х.К. Кабутов, М.К. Абдуллаева // Современные проблемы физики конденсированного состояния. – 2023. – С. 298-304.

[15-А]. Кабутов Х.К. Селевой поток в Рошткалинском районе в 2023 году / А.К. Каюмов, С.Ф. Абдуллаев, Х.К. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев // Современные проблемы физики конденсированного состояния. – 2023. – С. 316-320.

[16-А]. Кабутов Х.К. Исследование ледников верховья Сая Наукрум бассейна реки Сурхоб / Камолова Д.Х., Каюмов А.К., Шомахмадов А.М., Кабутов К.К. // Геология и Ледники: актуальные проблемы и перспективы сохранения в эпоху изменений. – 2025. – С. 48-56.

АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирияхҳо»

ТДУ 556.51+551.324 (575.32)

Ба ҳуқуқи дастнавис



Қурбонӣён Хусрав Қурбонҷон

**ТАҒЙИРЁБИИ ТАВОЗУНИ ҲАҶМИ ПИРЯХҲО ДАР
ШАРОИТИ МУОСИРИ ТАБИИЮ ИҚЛИМӢ ДАР МИСОЛИ
ҲАВЗАИ КӢЛИ ХОВАРКӢЛИ (ҚАРОКӢЛИ) ПОМИРИ ШАРҚӢ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

диссертатсия оид ба дарёфти дараҷаи илмӣ
номзади илмҳои техникаӣ аз рӯйи ихтисоси

2.1. Геология, геодезия, гидрология, сохтмон, меъморӣ
(2.1.37. Гидрологияи хушкӣ, захираҳои об, гидрохимия)

Душанбе – 2026

Кори диссертатсионӣ дар Шуъбаи мониторинги пирахҳои криосфера, глятсиология ва ГИС - технологияи Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон» анҷом дода шуд

Роҳбарони илмӣ:

Амирзода Ориф Ҳамид - доктори илмҳои техникӣ, дотсент, сарҳодими илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Муқарризонии расмӣ:

Муҳаббатова Холназар – Доктори илмҳои география, профессори кафедраи «методикаи таълими география ва туризм»-и факултаи географияи, Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣ Тоҷикистон ба номи С. Айни

Ҳочибоев Далерҷон – номзоди илмҳои техникӣ, мудири кафедраи экология, ҳаммудири кафедраи ЮНЕСКО оид ба тадқиқоти об, таҳсилоти экологӣ, рушди устувор, Донишқадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон

Муассисаи пешбар:

Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

Ҳимояи диссертатсия санаи «25» сентябри соли 2026, соати 9:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионӣ 6D.KOA-059 назди Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ бо суроғай: 734042, ш. Душанбе, кӯчаи Бофанда, 5/2 баргузор мегардад.

Бо диссертатсия дар китобхонаи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ва дар сомонаи www.imoje.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «_____» _____ соли 2026 ирсол карда шуд.

Котиби илмӣ

Шурои диссертатсионӣ,

Номзоди илмҳои техникӣ



Шаймурадов Ф.И.

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи (предмет) таҳқиқот. Яке аз вазифаҳои асосии илмию амалии соҳаи яхшиносӣ ва иқлимшиносӣ омӯзиши ҳолати пирияхҳо дар шароити тағйирёбии иқлим мебошад. Тағйирёбии иқлим ба минтақаҳои осебпазири табию географӣ, аз ҷумла ба шароити Тоҷикистон таъсири манфӣ мерасонад. Тавозуни ҳаҷми пирияхҳои кӯҳӣ нишондиҳандаи ҳуви тағйирёбии иқлим аст. Мувофиқи ақидаи бисёр олимон, дар солҳои охир дар ҳамаи қитъаҳо, махсусан дар пирияхҳои хурд кам шудани майдони пирияхҳо мушоҳида карда мешавад.

Барои омӯзиши динамикаи пирияхҳо усулҳои зиёде мавҷуданд; таҳлили ақибнишинии онҳо, таҳлили муқоисавии маълумоти метеорологӣ дарозмуддат ва дигар усулҳои махсус. Аммо ин усулҳо ҳангоми омӯзиши пирияхҳо маҳдудият доранд; Онҳо наметавонанд сол то сол тағйироти пирияхҳо дақиқ инъикос намоянд, баяни тағйирёбии муҳити зист ва тағйирёби дар пирияхҳо масофае вучуд дорад ва тафсири маълумоти гирифташуда аксар вақт душвор аст.

Дар муқоиса бо ин равишҳо, чен кардани тавозуни ҳаҷми пирияхҳо бартариҳои назаррас медиҳад. Аз ин рӯ, усули ченкунии тавозуни ҳаҷм имкон медиҳад, ки ҳолат ва динамикаи пирияхҳо, махсусан дар муддати кӯтоҳ дақиқтар муайян карда шаванд.

Ҳамин тариқ, чен кардани тавозуни ҳаҷми пирияхҳо ба мо имкон медиҳад, ки ҳолати кунунии пирияхҳо муайян намоем ва дар асоси ин маълумотҳо ҳолати ояндаи онҳо пешгӯӣ карда шавад, ки ин имкон медиҳад ҳиссаи об аз пириях чори шавандаро дар системаҳои дарёҳои минтақаҳои кӯҳӣ муайян ва пешгӯӣ намоем. Ин имкон медиҳад, ки қарорҳо оид ба чораҳои мутобиқшавӣ ба тағйирёбии иқлим ва кам кардани зарар аз таъсири он қабул карда шаванд.

Дар асоси гуфтаҳои боло, гузарондани тадқиқотҳои илмӣ умуман ба таъмини тарақиёти соҳаҳои гуногуни ҳоҷагии халқ дар банақшагирӣ, пешгӯӣ ва идоракунии захираҳои об мусоидат мекунад.

Дарачаи таҳқиқи мавзуи илмӣ. Аз нигоҳи таҳқиқоти пирияхҳо, Помири Шарқӣ барои мутахассисон ва олимоне, ки тағйирёбии иқлим ва таъсири онро ба системаҳои дарёӣ меомӯзанд, ҷои ҳолӣ аст. Олимони шӯравӣ таҳқиқоти иқтишофии пирияхҳо дар ин минтақа анҷом доданд, аммо ин таҳқиқот саволҳои бештарро нисбат ба ҷавобҳо ба миён оварданд. Олимони муосир барои омӯзиши пирияхҳо дар Помири Шарқӣ аз зондкунии дурдаст истифода кардаанд, бе таҳқиқоти саҳроии заминӣ, ки ба дақиқии маълумот таъсир мерасонад.

Таҳқиқоти глятсиологӣ, ки ба пирахҳои Помири Ғарбӣ ва Шарқӣ бахшида шудаанд, аз ҷониби олимон, ба монанди Котляков В.М. [1], Рототаева О.В. [1], Коновалов В.Г. [5] ва дигарон омӯхта шуданд.

Андозагириҳои гляциологии динамикаи тавозуни массаи пирахҳо дар Помири Шарқӣ қаблан гузаронида нашуда буданд, ки ҳадафи ин рисола ҳамин аст. Ин рисола маълумоти ҷорӣ дар бораи шумораи пирахҳо, тағйироти масоҳати онҳо, тавозуни массаи пирахҳо ва моделсозии тавозуни массаро дар бар мегирад.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ. Мавзӯи рисола дар асоси ҳуҷҷатҳои стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла “Барномаи давлатии омӯзиш ва ҳифзи пирахҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2010-2030”, “Стратегияи миллии оби Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2040», инчунин дар татбиқи корҳои таҳқиқоти илмӣ Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳо»-и АМИТ дар мавзӯи: «Таҳияи феҳристи (атласи) пирахҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон дар асоси технологияҳои инноватсионии геоинформатсионӣ» барои солҳои 2022-2026 таҳия шудааст (РКД): РБ №0123ТҶ1528.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот - омӯзиш ва арзёбии таъсири тағйирёбии иқлим ба тавозуни ҳаҷм ва динамикаи пирахҳо дар минтақаи баландкӯҳи ҳавзаи кӯли Ховаркӯли (Қарокӯл) Помири Шарқӣ мебошад.

Вазифаҳои таҳқиқот. Барои ба даст овардани натиҷаҳои дилхоҳ, ҳалли **вазифаҳои** зерин зарур аст:

1. Гузаронидани таҳлили яхбандӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл бо истифода аз технологияҳои нав барои соли 2018.
2. Бо истифода аз технологияҳои муосир муайян намудани динамикаи пирахҳои ҳавзаи кӯли Ховаркӯл аз соли 1977 то соли 2018.
3. Такмил додани усулҳо ва технологияи муайян намудани тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл.
4. Амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл.

Объекти таҳқиқот – пирахҳои ҳавзаи кӯли Ховаркӯл мебошад.

Мавзӯи (предмети) таҳқиқот - такмили усулҳо ва технологияи муайянсозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо, амсиласозӣ ва усулҳои татбиқи тадқиқоти зондиронии фосилавии пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл.

Дар тадқиқот усулҳои зерин истифода бурда шуданд: Истифодаи зондкунии фосилавӣ, ки коркарди тасвирҳои моҳвораии Landsat 1-8,

Sentinel 2A, DEM Alos Palsar ва SRTM-ро дар бар мегирад, коркарди маълумот дар барномаҳои ArcGIS, QGIS ва дигар системаҳои иттилоотии географӣ сурат мегирад. Усули глятсиологии ченкунии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар асоси тадқиқотӣ саҳроӣ ва коркарди камерали. Амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо бо истифода аз модели SMB.

Навгони илмӣ: саҳмгузори дар омӯзиши таъсири тағйирёбии иқлим ба динамикаи яхбанди дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл, аз ҷумла:

1. Вазъи ҳозираи яхбандӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл омӯхта шуд.
2. Харитаҳои пирахҳои ҳавзаи кӯли Ховаркӯл тартиб дода шуданд.
3. Аввалин маротиба маълумоти тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл (дар мисоли пираҳи №139) ба даст оварда шуд.
4. Усулҳои мониторинги ҳолати пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл такмил дода шуд.
5. Амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл гузаронида шуд.
6. Барои тадқиқи пирахҳо бо истифода аз усулҳои фосилави зондирони, амсиласозӣ ва усулҳои бевоситаи глятсиологи бо назардошти хусусиятҳои шароити иқлимию географии ҳавзаи кӯли Ховаркӯл тавсияҳо тартиб дода шудаанд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Таҳлили андозагирии обшавии пирахҳо бо истифода аз зондиронии фосилави дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл.
2. Ҳолати имрузаи пирахҳо ва муайян намудани тавозуни ҳаҷми пираҳи №139 дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯли Помири Шарқӣ.
3. Натиҷаҳои амсилай тавозуни ҳаҷми пираҳи №139 дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл.

Аҳамияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот. Натиҷаҳои ин рисола дар мавридҳои зерин истифода бурдан имконпазир аст:

- мониторинги яхбандӣ ва арзёбии таъсири тағйирёбии иқлим ба пирахҳо бо истифода аз усулҳои зондиронии фосилавӣ;
- муайян намудани тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар шароити иқлими ҳозираи Помири Шарқӣ;
- амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар шароити иқлими Помири Шарқӣ.
- омӯзиши ҳолати пирахҳо дар ҳавзаҳои дарёҳои Тоҷикистон бо истифода аз таҷҳизоти муосири зондиронии фосилавӣ;
- асосҳои методологӣ ва технологияи муайян намудани тавозуни ҳаҷми пирахҳо ва амсиласозӣ;

Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия ба ҷанбаҳои асосии зерин асос ёфтааст: истифодаи усулҳои мавҷудбудаи тадқиқот, ки бо гузашти вақт санҷидашуда ва самаранокии онҳо аз ҷониби олимони ватанӣ ва хориҷӣ дар раванди ба даст овардани натиҷаҳо дар муддатҳои тӯлонӣ тасдиқ карда шудааст. Тасдиқи эътимоднокии натиҷаҳои кор тавассути коркарди ҳамаҷониба, аз ҷумла истифодаи усулҳои тасдиқшудаи тадқиқоти сахроӣ ва камерали, истифодаи технологияҳои муосири зондкунӣ фосолавӣ, таҳлили омӯрӣ, муқоиса бо маълумоти дигар тадқиқотчиёни ҷомеаи илмӣ таъмин карда мешавад.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ.

Мазмуни қори мазкур нуқтаҳои зерини шиносномаи ихтисоси 2.1. Геология, геодезия, гидрология, сохтмон, меъморӣ (2.1.37. Гидрологияи хушкӣ, захираҳои об, гидрохимия) инъикос менамояд:

3. Масъалаҳои гидрологияи минтақавӣ, шабоҳат ва тафовути минтақаҳои ҳавзаҳои об аз ҷиҳати ташаккули маҷрои дарёҳо, генезиси таркибҳои маҷро, хусусияти физикию соҳастии тағйирёбии сатҳи оби дарёҳо, тағйирёбии фазоӣ ва вақтии захираҳои оби минтақавӣ ва маҳаллӣ;

4. Хусусиятҳои равандҳои гидрологӣ, гидрохимиявӣ ва гидробиологӣ дар кӯлҳо ва обанборҳо, зухуроти динамикӣ дар кӯлҳо, обанборҳо ва ҳавзҳо, генезис ва тағйирёбии ҳолати массаи об, масъалаҳои амсиласозии кӯлшиносии ҳодисаҳои дохилиобӣ, оптимизатсияи гидроэкологии режими объектҳои оби замин;

12. Коркарди усулҳои амсиласозии математикии равандҳои гидрологӣ ва гидрохимиявӣ.

Саҳми шахсии докталаби дараҷаи илмӣ дар таҳияи диссертатсия.

Рисолаи мазкур натиҷаи паҷӯҳишҳои муаллиф дар МДИ «Маркази омӯзиши пирияхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон» буда, аз интиҳоби самти тадқиқот ва ҳалли вазифаҳои ба миён гузошташуда, гузаронидани тадқиқоти сахроӣ, коркард ва таҳлили маълумотҳои ба даст овардашуда, кор карда баромадани тавсияҳо ва дар қори илмӣ-тадқиқотӣ ҷорӣ намудани онҳо иборат аст.

Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқотҳои илмӣ ва экспедиционии аз тарафи роҳбарони илмӣ хулосабарори карда шудааст.

Тасвир ва амалисозӣ. Натиҷаҳои кор дар конфронсҳои илмӣ ҷумхуриявӣ ва байналмилалӣ муаррифӣ ва муҳокима карда шуданд: «Мақтаби тобигона оид ба навишти академӣ дар доираи Озмуни тадқиқотии донишҷӯён оид ба идоракунии устувори захираҳои табиӣ дар

Осиёи Марказӣ ва Афғонистон» (Алматы, 2019), Конфронси байналмилалӣ илмӣ ва амалӣ «Вазъи муосири пирияхҳо, яхбанди ва криосфера дар раванди гармшавии глобалӣ», (Душанбе, 2021), «авалин конфронс оид ба лоиҳаи Помир» (Фрибург, Швейтсария, 2022), «Пряхҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон: ҳолат, вазъият ва дурнамои омӯзиш» (Душанбе, 2022), Конфронси байналмилалӣ илмӣ «Омӯзиш ва ҳифзи пирияхҳо ва истифодаи оқилонаи захираҳои об дар Осиёи Марказӣ» (Душанбе, 2022), Конфронси байналмилалӣ «Муколамаи иқлими ҷавонони Боку I» (Боку, 2024).

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Натиҷаҳои асосии тадқиқот оид ба мавзӯи рисола дар 16 мақолаи илмӣ, аз ҷумла 5 мақолаи илмӣ дар маҷаллаҳои илмӣ тақризшаванда ва тавсиянамудаи Комиссияи олии аттестатсионӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба таъъ расидаанд.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Рисола аз 148 саҳифаи матни компютерӣ, аз ҷумла 120 саҳифаи матни асосӣ иборат буда, аз муқаддима, 4 боб, хулоса ва замимаҳо иборат аст. Кор аз 48 расм ва 15 ҷадвал иборат аст. Рӯйхати адабиётҳо аз 182 номгӯй, аз ҷумла 108 адад ба забонҳои хориҷӣ иборат аст.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Муқаддимаи рисола аҳамияти мавзӯи тадқиқотро асоснок намуда, дараҷаи омӯзиши мавзӯи тадқиқот аз ҷониби олимони хориҷӣ ва ватаниро таҳлил намуда, ҳадаф ва вазифаҳои тадқиқотро мурағтаб месозад. Объект, предмет ва усулҳои тадқиқот муайян карда шудаанд. Навгониҳои илмӣ кори диссертатсия, аҳамияти назариявӣ ва амалӣ, эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада, инчунин муқаррароти асосии ба ҳимоя пешниҳодшуда нишон дода шудаанд. Саҳми шахсии муаллиф муайян карда шуда, тасдиқи корҳо оид ба мавзӯи тадқиқот, инчунин ҳаҷм ва соҳтори рисола дода мешавад.

Боби якум диссертатсия ба масъалаҳои аҳамияти тадқиқоти илмӣ, фундаменталӣ ва амалӣ криосферӣ, махсусан дар қаламрави Тоҷикистон, бахшида шудааст. Усулҳои гуногуни омӯзиши криосфера таҳлил карда мешаванд, ки барои дарк намудани равишҳои гуногуни иқлимӣ барои сари вақт пешгуи кардани ҳолати ояндаи яхбандӣ имконият медиҳанд. «Натиҷаҳои таҳлили адабиёт нишон медиҳанд, ки дар давоми 50 соли охир дар пирияхҳои Помири Шарқӣ ягон тадқиқоти фундаменталӣ,

аз ҷумла муайян крадани тавозуни ҳаҷми пирахҳо гузаронида нашудааст» [1].

«Тибқи маълумоти охирин, дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл зиёда аз 400 пирах масоҳаташ зиёда аз 0,1 км² мавҷуд аст, ва масоҳати умумии онҳо зиёда аз 560 км² мебошад, аз ҷумла пирахҳои хурди намуди сирк то пирахҳои калони дендритӣ, ба монанди пирахи Октябр» [1].

Дар боби дуюми диссертатсия таҳқиқоти гляциологӣ бо истифода аз технологияҳои муосир ва воситаҳои техникии мониторинг пешниҳод шудаанд.

«Тадқиқоти гляциологӣ бо истифода аз технологияҳои муосир ва воситаҳои техналогияи мониторинги яхбандиҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл тадқиқотҳои глятсиологи гузаронида шудаанд» [2, 3]. «Пирахҳои интиҳобшуда бо таҳлили аксҳои моҳвораҳои (ландсат 2-5-7-8) коркард карда шуданд. Азбаски пирахҳо дар охири моҳи август ва аввали сентябр аз барфи мавсимӣ озоданд, таҳлил ва муайян кардани пирахҳои ҳавза дар асоси аксҳои моҳвораи ин давра гузаронида шуд (Ҷадвали 1)» [4, 5].

Ҷадвали 1. - Тасвирҳои моҳвораӣ, ки дар тадқиқот истифода шудаанд (муаллиф тартиб додааст)

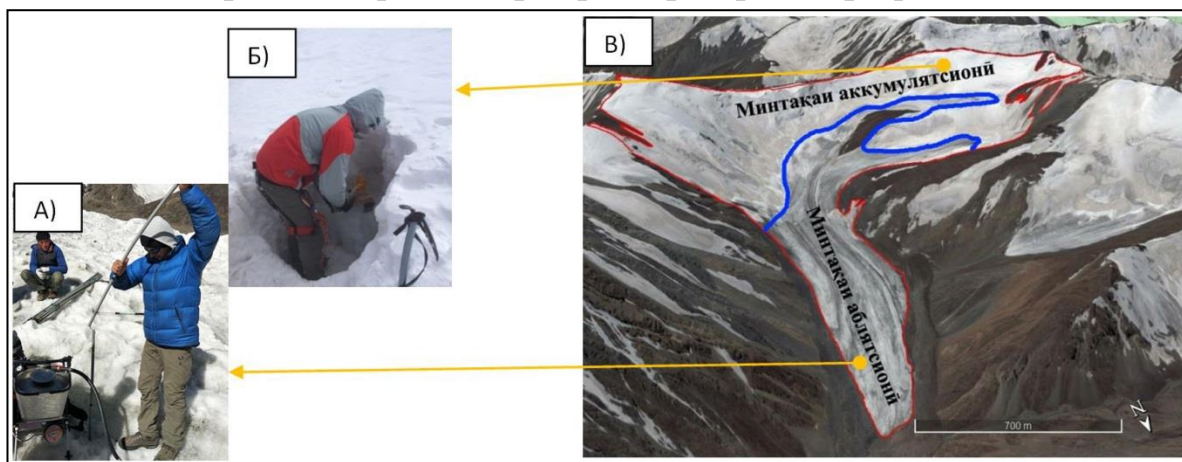
Намуди моҳвора	Санаи аксбардорӣ	Каналҳои истифодашуда
Landsat 02 MSS	1977.09.28	SWIR-NIR-RED
Landsat 05 MSS/TM	1994.09.01	SWIR-NIR-RED
Landsat 05 MSS/TM	1998.09.12	SWIR-NIR-RED
Landsat 07 ETM+	2008.07.29	SWIR-NIR-RED
Landsat 08 OLI/TIRS	2018.09.03	SWIR-NIR-RED
Sentinel-2	2015-2018	SWIR-NIR-RED
SRTM	2000	
ALOS PALSAR	2006-2011	

Барои муайян намудани ҳолати умумии яхбандӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл ҳамаи пирахҳо рақамӣ карда шуданд.

«**Барои муаяна намудани тавозуни ҳаҷми пирах,** натиҷаҳои тадқиқоти сахроӣ ва коркарди камералии ҳисобкунии тавозуни ҳаҷми пирахҳо оварда шудааст. Тадқиқот тибқи усули васеъ истифодашаванда, ки чандин солҳо дар таҷрибаи ҷаҳонӣ собит шудааст, гузаронида шуд» [6, 7].

«Бо истифода аз тасвири моҳвораи Sentinel-2A 2019 ва барномаи ArcGIS нақшаи пирах сохта шуд, масоҳати он муайян карда шуд, хатҳои ченаки илова карда шуданд ва модели сеченакаи пирахи №139 барои дарки беҳтари визуалии объект ва орографияи он сохта шуд» [8].

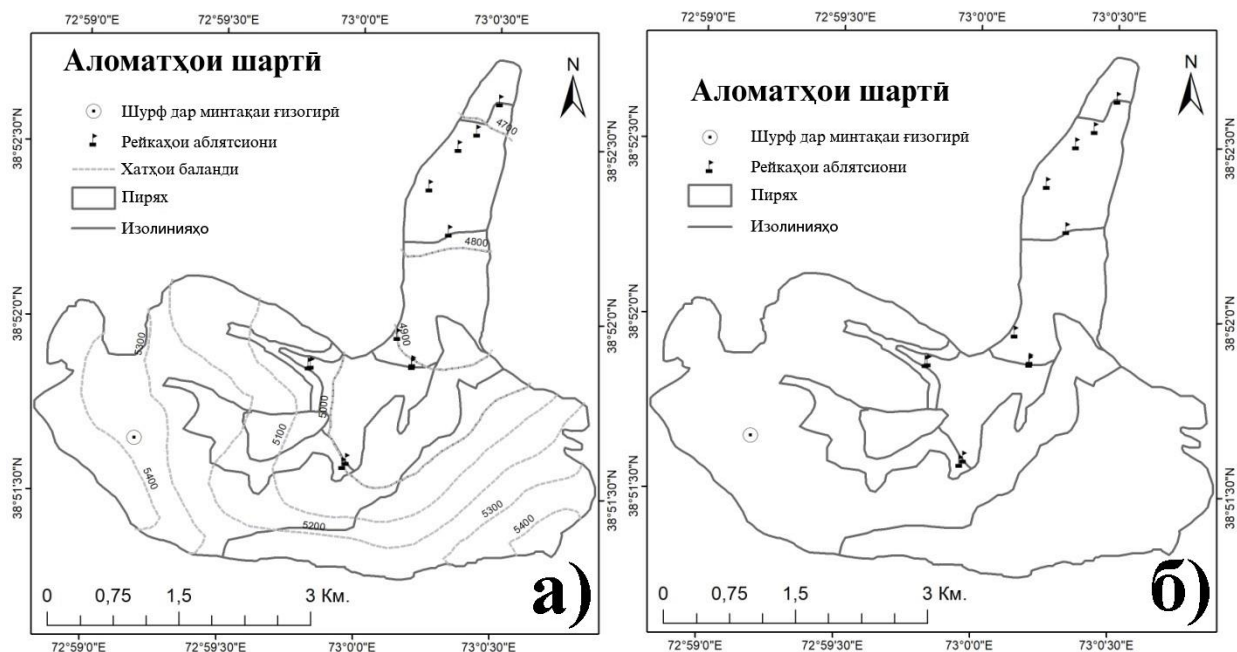
«Раванди тадқиқот ду марҳиларо дар бар гирифт: тадқиқоти сахроӣ (расми 1) ва корҳои камерали барои ҳисоб кардани тавозуни ҳаҷми пириях. Тадқиқоти сахроӣ вазифаҳои зеринро дар бар мегирифт» [8].



Расми 1. - Усулҳои асосии корҳои сахроӣ: А) Рейка дар минтақаи аблятсионӣ; Б) Чох дар минтақаи аккумулятсия; Б') Минтақаҳои аблятсия ва аккумулятсияи пириях

Дар соли 2018 барои чен кардани аблятсия 7 рейка дар нуқтаҳои пешакӣ муайяншуда бо дарозии 4 ва 6 метр дар пириях насб карда шуданд. Рейкаҳо барои муайян кардани обшави дар минтақаи аблятсияи пирияхҳо бо истифода аз пармакунак (парабур) санаи 05.08.2018 гузошта шуданд. 5 августи соли 2019 аз рейкаҳо маълумот гирифта шуд ва сипас рейкаҳои нав насб карда шуданд. Натиҷаи кор дар минтақаи аккумулятсия имконият дод, ки дар бораи зичи ва баландии барф маълумот гирифта шавад.

Истифодаи хатҳои контурӣ барои ҳисоб кардани тавозуни ҳаҷми солони пириях. Барои таҳлили тавозуни ҳаҷм ду усул истифода шудааст: усули профилӣ ва усули контурӣ. Усули профилӣ ба тағйирёбии арзишҳои тавозуни ҳаҷми вобаста ба баландӣ асос ёфтааст. Усули контурии тавозуни ҳаҷм ҳамгироиро дар тамоми майдони пириях дар бар мегирад. Мо бо усули профилӣ тавозуни ҳаҷмро барои ҳар як фосилаи баландии 100-метр таҳлил кардем, ки ҳар кадомаш майдони худро дошт. Барои минтақаи аблятсионӣ масоҳати байни хати изолиния ҳамчун регрессияи хатӣ, ки ба ҳамаи ченакҳои солони мувофиқ аст, муайян карда шуд (расми 2).



Расми 2. – Муайян намудани тавозуни ҳаҷми пириях. Усули профилӣ (а), усули изолиния (б)

Хатти тавозуни ҳаҷми якхелаи пириях дар байни нуктаҳои баробар ба 1,5 м ч.о. кашида мешавад. Барои майдони А1 бо масоҳати 0,06 км², арзиши -1,75 м ва барои майдони А2 бо масоҳати 0,53 км², арзиши -1,25 (фарқияти 0,5 м) ворид шуд. Минтакаи А2 дар ин пириях масоҳати калон дорад, ин аз он сабаб аст, ки ин минтақа дар релефи ҳамвор ҷойгир буда, дар баландиаш фарқияти зиёд надорад.

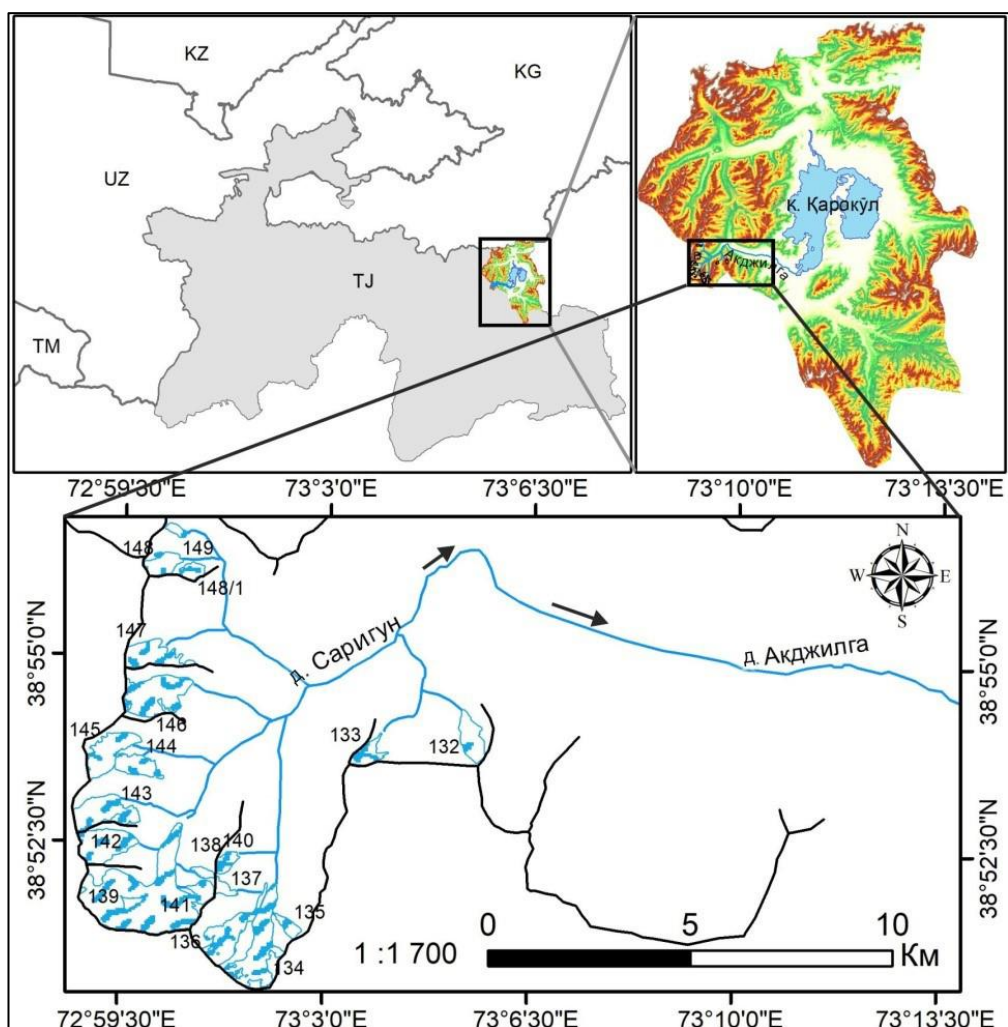
Амсиласозӣ ва коркарди тавозуни ҳаҷми пирияхҳо. Барои амсиласозии тавозуни ҳаҷм, мо маълумотҳо ба монанди обшавии пириях дар минтакаи аблятсия, ки бо насб кардани рейкаҳои аблятсионӣ дар минтакаи аблятсия ба даст оварда шудааст, ва захираи барф дар минтакаи ғизогирӣ, ки дар ҷоҳои кофташуда дар минтакаи захирашавии пириях ҷен карда шудааст, истифода бурдем. Мо инчунин маълумоти метеорологиро барои моделсозӣ истифода намудем. Бузургҳои модел дар файли set_params.R дар папкаи модел ворид карда мешаванд. Мо ин файло дар RStudio мекушоем ва бузургҳоро тавре, ки дар ҷадвали 2 нишон дода шудааст, муқаррар мекунем. Бузургҳои зиёде мавҷуданд, ки онҳоро гузоштан мумкин аст, аммо дар ин симулятсияи аввал мо танҳо муҳимтаринҳоро муқаррар мекунем. Ҷангоми тағйир додани бузургҳо, як форматро нигоҳ доштан муҳим аст.

Ҷадвали 2. - Бузургҳои моделие, ки мо тағйир медиҳем

Parameter name (Номи бузургӣ)	Value (Аломат)	Explanation (Шарҳ)
name_glacier	"zulmart"	Номи пирих дар папкаи input \ ворид карда
filename weather	"weather_zulmart.dat"	Номи файли обу ҳаво, ки мо омода кардем
file weather nskip	4	Шумораи сатрҳо барои гузариш дар файли обу ҳаво, 4 сатр мавҷуданд, ки маълумот надоранд
grids_crs	32643	EPSG рамзи системаи координатӣ, 32643 - минтақа UTM 43N
filename massbalance annual	"mb_zulmart.dat"	Номи файл бо андозагирии солони тавозуни ҳаҷм, ки мо муқаррар кардаем
filename massbalance winter	""	Номи файл бо андозагирии тавозуни ҳаҷми зимистона. Мо инро надорем, бинобар ин мо онро ҳолӣ мегузорем. ("")
weather aws elevation	4000	Баландии маълумотҳои метеорологӣ. Файли Зулмарт баландии 4000 м нишон медиҳад
first _ year	2019	Соли аввале, ки мо мехоҳем симулятсия кунем: 2019
last_year	2019	Соли гузашта мо мехоҳем симулятсия кунем, мо танҳо мехоҳем як сол коркард намоем, пас он боз соли 2019 мемонад

Дар боби сеюми диссертатсия таҳқиқот ва натиҷаҳои коркарди камералии динамикаи пирихҳо пешниҳод шудаанд.

Таҳқиқоти глятсиологӣ ва арзёбии ивазшавии яхбандӣ дар ҳавзаи дарёи Саригун. Ҳавзаи дарёи Саригун (расми 3) шохоби рости дарёи Акжилга буда, дар навбати худ ба кӯли Ховаркӯл қорӣ мешавад. Рақамикунонии пирихҳои ҳавзаи дарёи Саригун ва арзёбии масоҳати онҳо аз соли 1977 то соли 2018-ро дар бар мегирад. Таҳлили аксҳои моҳвораӣ дар ин давра камшавии майдони тақрибан ҳамаи пирихҳоро ба истиснои пирихи №135 нишон дод.



Расми 3. - Ҳавзаи дарёи Саригун, шоҳоби кӯли Ховаркӯл (Таҳиягар муаллиф)

Маълумоти муфассал дар бораи тағйирёбии масоҳати пирахҳо дар чадвали 3 оварда шудааст.

Чадвали 3. - Масоҳати пирахҳо аз рӯи маълумотҳои таҳлили фосилавии солҳои 1977 то 2018.

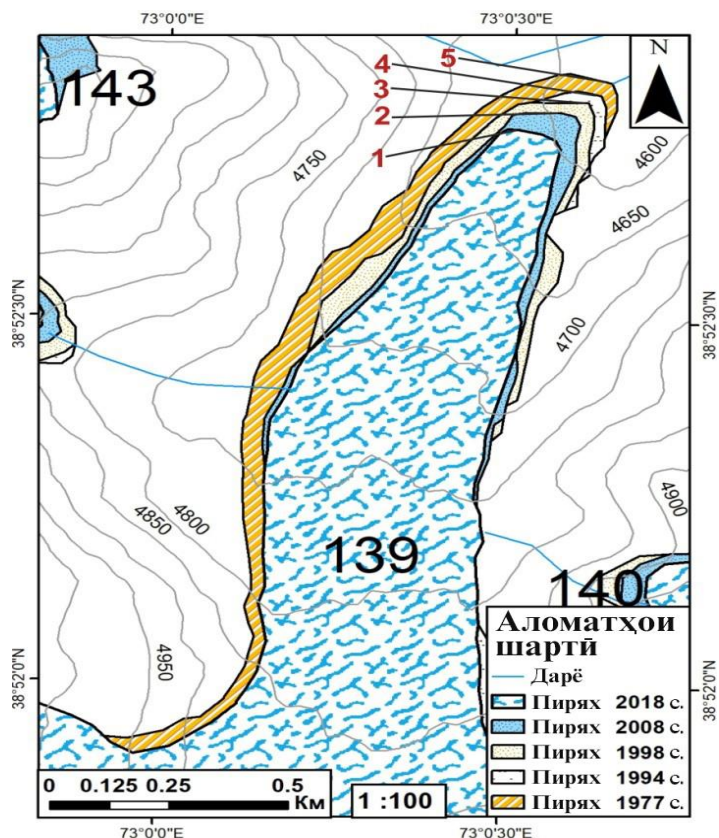
Дарёи Саригун шоҳоби дарёи Окчилга. Ҳавзаи кӯли Ховаркӯл (Қаракӯл)							
№ пирах	Намуд	Ҷойги ршави	Масоҳати пирах км ²				
			1977с.	1994с.	1998с.	2008с.	2018с.
132	Водиги	СЗ	0.59	0.55	0.54	0.54	0.53
133	Водиги	СВ	0.41	0.41	0.41	0.33	0.33
134	Водиги, қисман мураккаб водиги	С	1.49	1.46	1.46	1.43	1.36
135	Нишеби, қисман мураккаб водиги	СЗ	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
136	Водиги, қисман мураккаб водигӣ	С	1.01	0.94	0.94	0.89	0.89

Идомаи ҷадвали 3

137	Водигӣ	В	0.16	0.16	0.17	0.15	0.14
138	Косашакл водигӣ	СВ	0.24	0.22	0.26	0.21	0.21
139	Водигӣ	С	3.85	3.76	3.75	3.7	3.66
140	Водигӣ	З	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12
141	Овезон	З	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24
142	Водигӣ	В	0.97	0.97	0.98	0.94	0.92
143	Нишебӣ	В	1	1	0.99	0.93	0.89
144	Нишебӣ	С	0.54	0.52	0.52	0.47	0.46
145	Водигӣ	СВ	0.81	0.81	0.81	0.79	0.79
146	Водигӣ	В	1.32	1.28	1.27	1.23	1.23
147	Нишебӣ	СВ	0.84	0.81	0.82	0.74	0.7
148	Асимметри водигӣ	В	0.71	0.68	0.69	0.62	0.58
149	Водигӣ	В	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11
Ҳамаги			14.65	14.27	14.31	13.64	13.34

Тадқиқот аз соли 1977 то соли 2018 кам шудани масоҳати умумии пиряххоро дар ҳавзаи тадқиқот 9% (1,3 км²) муайян кард. Ғайр аз ин, дар даҳаи аввал 0,38 километри мукааб, дуҷум - ночиз ва дар даҳаи сеюм - 0,67 км² кам шуд. Дар даҳсолаи чорум масоҳати яхбанди дар ҳавза 0,3 км² кам шуд.

Дар расми 4 сарҳадҳо ва рақамбандии забонаи пирях аз рӯи аксҳои моҳвораӣ нишон дода шудааст. Хати 1 - сарҳади соли 2018, хати 2 - 2008. Дида мешавад, ки аз соли 2008 то 2018 пирях 80 м ақиб рафт, аз соли 1998 то 2008 (хатҳои 3, 2) 40 м, аз соли 1994 то 1998 (хатҳои 4, 3) - 30 м, аз соли 1977 то 1994 (хатҳои 5, 4) - 50 м, дар маҷмӯъ, аз соли 1977 то соли 2018 забонаи пирях 200 метр ақиб рафт.



Расми 4. - Ақибаи ширинии пиряхи №139 (Таҳиягар муаллиф)

Аввалин натиҷаи тавазунӣ ҳаҷми пирях дар Помири шарқӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркул натиҷаҳои зеринро нишон дод.

Ба ҳисоби миёна тавазунӣ ҳаҷм дар минтақаи $b_1 = -1,75$ м, масоҳати ин минтақа $A_1 = 0,06$ км² буда, бо формулаи $A \cdot b = \Delta M$ тавазунӣ ҳаҷми ин майдон ба даст оварда шудааст - $\Delta M_1 = -0,105$ м ч.о. Чунин амалҳо барои дигар минтақаҳо низ гузаронида шуд:

A = майдони дорои тавазунӣ ҳаҷми баробар (минтақаҳои байни изолиния), км²

b = арзиши тавазунӣ ҳаҷми таъиншуда, м ч.о.

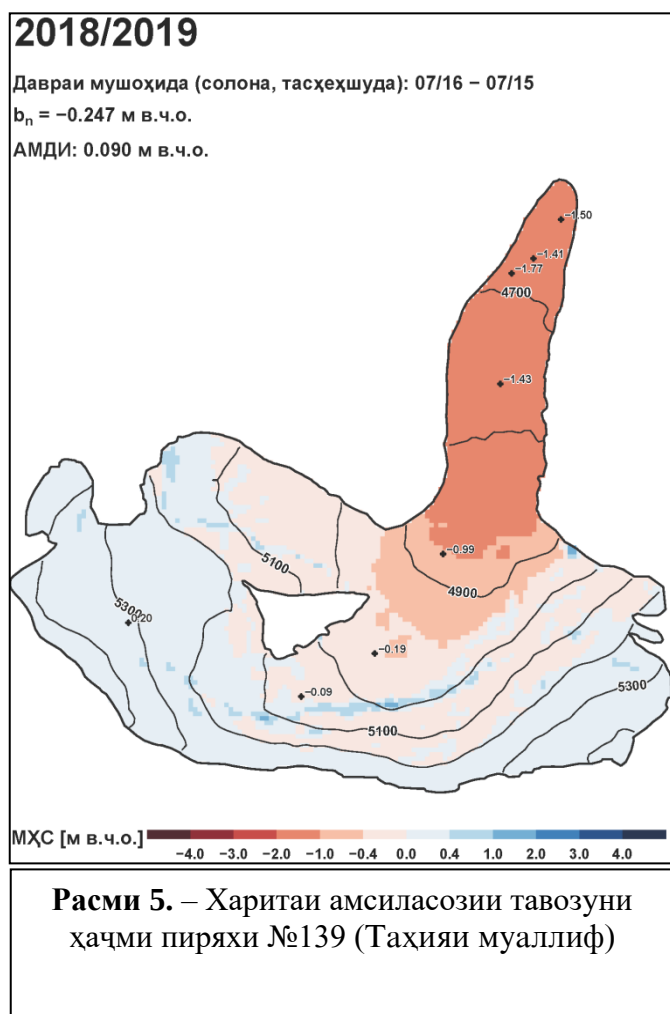
$$A \cdot b = \Delta M$$

$$\Delta M_{\text{сумма}} = \Delta M_1 + \Delta M_2 + \dots + \Delta M_6$$

$$\Delta M_{\text{сумма}} / A_{\text{сумма}} = B \text{ м ч.о.}$$

Ҷадвали 4. – Ҳисоби тавозуни ҳаҷм

масоҳати ҳар як майдон км ²	Тавозуни ҳаҷми ҳар як майдон
A1 = 0,06 км ²	$\Delta M1 = A1 * b_1 = 0,06 * (-1,75) = -0,105$
A2 = 0,53 км ²	$\Delta M2 = 0,53 * (-1,25) = -0,6625$
A3 = 0,17 км ²	$\Delta M3 = 0,17 * (-0,75) = -0,1275$
A4 = 1,15 км ²	$\Delta M4 = 1,15 * (-0,25) = -0,2875$
A5 = 1,21 км ²	$\Delta M5 = 1,21 * 0 = 0$
A6 = 0,11 км ²	$\Delta M6 = 0,11 * 0,25 = 0,0275$
A7 = 0,42 км ²	$\Delta M7 = 0,42 * 0,5 = 0,21$
	$\Delta M1 + \Delta M2 + \Delta M3 + \Delta M4 + \Delta M5 + \Delta M6 + \Delta M7 = -0,945$
$\text{Тавозуни ҳаҷм} = \frac{\Delta M_{\text{сумма}}}{A_{\text{сумма}}} = \frac{-0,945}{3,66} = -0,26 \text{ м ч. о.}$	



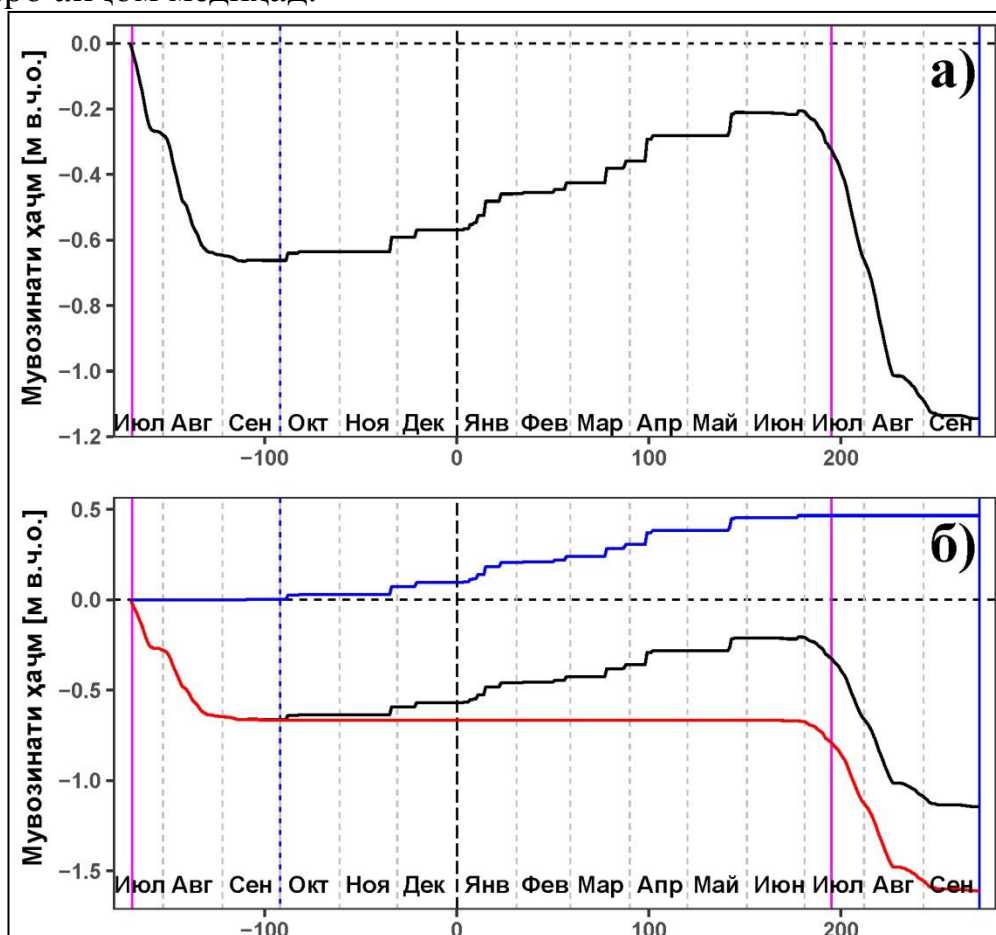
Амсилаи (расми 5)

тақсимои арзишҳои солони тавозуни ҳаҷми рӯизаминӣ (SMB) барои пиряхи №139 дар Помири Шарқӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл дар давраи аз 16.07.2018 то 15.07.2019 нишон дода шудааст.

Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда дар мавриди амсиласозии пиряхи №139 мушоҳидаҳои зерин ба назар расид: Дар расми ба тағйироти мавсимии тавозуни ҳаҷм дар давоми сол нишон дода шудааст. Қиматҳои манфӣ аз моҳи июл то ноябр мавҷуданд, ки ҳадди аққал тақрибан ба -0,4 м мерасад. дар моҳи октябр, ки ба давраи аблятсия ё обшавии ях рост меояд. Арзишҳои мусбӣ аз моҳи декабр то июн мушоҳида мешаванд, ҳадди аксар тақрибан 0,2 м. дар моҳҳои апрел—май

давраи чамъ шудани барфҳо нишон медиҳад. Ва расми 6б тавозуни ҳаҷми

тобистону зимистон ва солонаи пирахро нишон медиҳад, хатти қач бо қиматҳои манфии тақрибан -0,8 м. дар моҳҳои июл—август обшавии тобистонро инъикос мекунад. Пас аз ҷамъшавии тирамоҳу зимистон тадричан дар моҳҳои декабр-январ ба арзишҳои мусбӣ бармегардад. Максимум тақрибан 1,0 м ч.о. дар моҳҳои май-июн ба даст оварда мешавад, ки баъд аз он камшавии якбора мушоҳида карда, давраи солонаро анҷом медиҳад.



Расми 6. - Амсиласозии тавозуни ҳаҷми сатҳ барои пирахии № 139 (Таҳияи муаллиф)

Боби чорум ба арзёбӣ ва таҳлили тағйирёбии пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркул бахшида шудааст.

Таҳлили динамикаи таназзул вобаста ба намуди пирахҳо нишон дод, ки пирахҳои асимметрии водиги, нишеби ва пирахҳои сиркӣ ба таназзул бештар осебпазиранд (Ҷадвали 4).

Ҷадвали 4. - Тағйирот дар масоҳати яхбандии ҳавза аз рӯи намуд бо фоиз

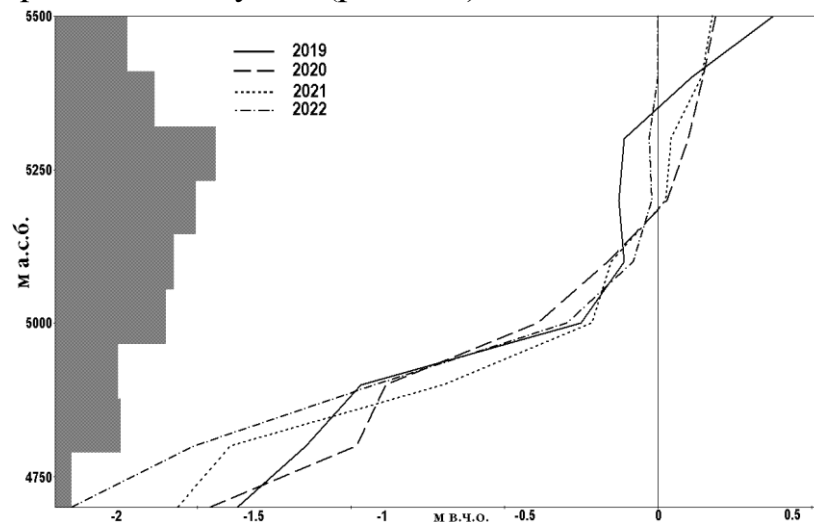
Намуди пирах	Кам шудани масоҳат бо %
Водиги	-7%
Водиги, қисман мураккаб водиги	-10%

Идомаи ҷадвали 5.

Нишеби, қисман мураккаб водиги	0%
Косапакл водиги	-13%
Овезон	-4%
Нишеби	-14%
Асимметрии водиги	-18%

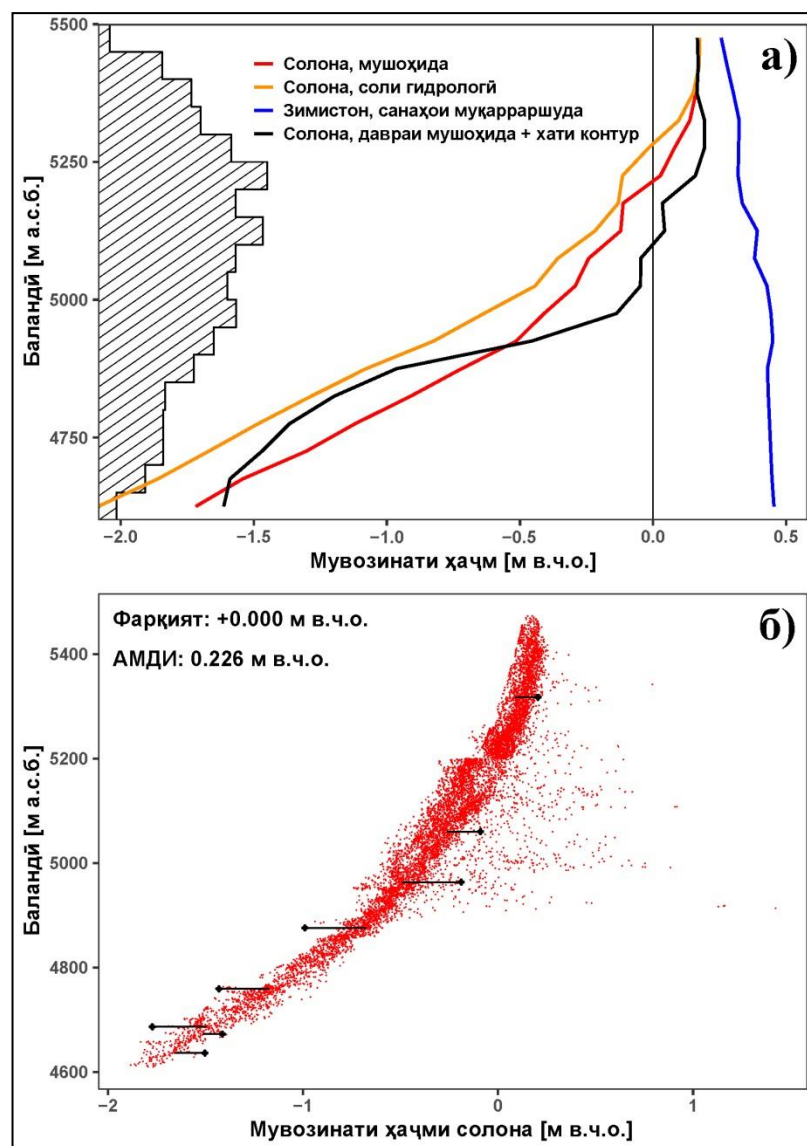
Тадқиқотҳое, ки дар ҷазираи №139 гузаронида шуданд, нишон доданд, ки ҷазираҳои Помири Шарқӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл нисбат ба ҷазираҳои дигар ҳавзаҳои дарёҳои Тоҷикистон устувортаранд. Шояд ин ба эҳтимоли зиёд дар он аст, ки ҷазираҳо дар баландии беш аз 4500 метр аз сатҳи баҳр ҷойгиранд ва иқлим дар он ҷо хеле сард мебошад.

Ҳисоб кардани тавозуни ҳаҷм. Маълумотҳое, ки дар вақти тадқиқоти саҳроӣ ба даст оварда шудаанд, ба мо имкон доданд, ки тавозуни ҳаҷмро бо усули профилӣ ҳисоб кунем (расми 7).



Расми 7. - Тавозуни ҳаҷм бо усули профилӣ (Таҳияи муаллиф)

Натиҷаҳои амсиласозии (Расми 8) ҷазираи №139. Дар расми 8а ҳисобҳои гуногуни тағйирёбии баландии солони ҷазираҳо дар як қатор арзишҳои тавозуни ҳаҷм нишон дода шудаанд. Хатти сурх тағйирёбии солони баландии ченшударо, хати норинҷӣ соли пурраи гидрологиро ва хати кабуд санаҳои муайяни зимистонро нишон медиҳад. Майдони хатдор тағйирёбии масоҳати ҷазираҳо ба баландӣ нишон медиҳад. Дар расми 8б омор оид ба ҷойивазкунӣ (-0,001 м воҳиди ченаки об) ва хатои стандартӣ (0,379 м воҳиди ченаки об) баҳодиҳии тавозуни ҳаҷм, ки бо нуқтаҳои пароканда нишон дода шудааст, инъикос мегардад. Парокандаӣ баъзе тағйироти тахминии тавозуни ҳаҷмро дар атрофи тамоюли умумии мусбӣ, ки бо баланд шудани баландии ҷазираҳо мувофиқ аст, нишон медиҳад.



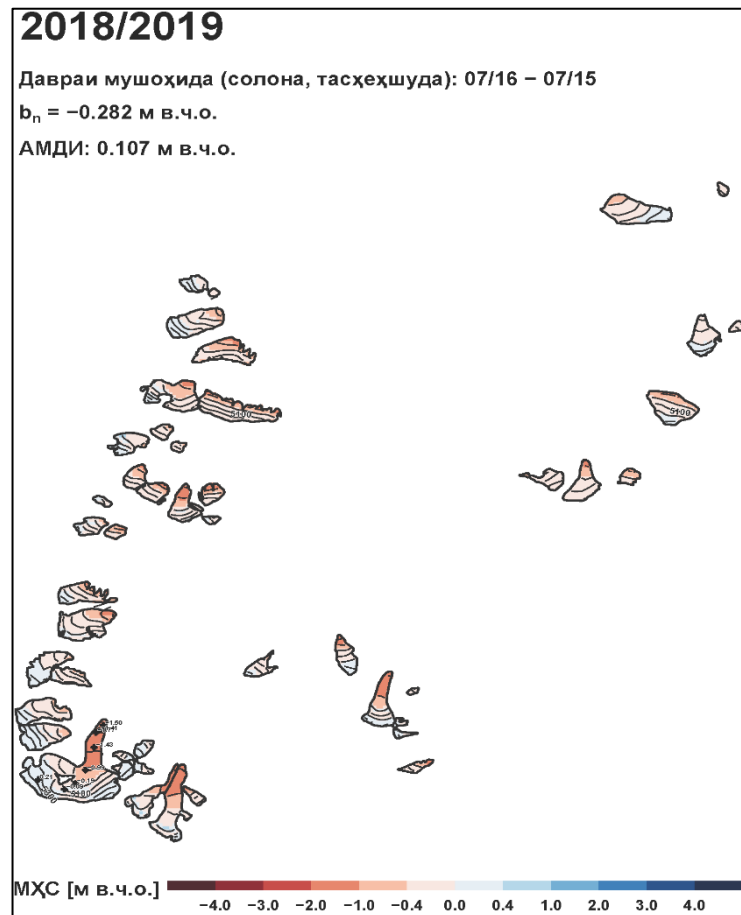
Расми 8. - Тағйирёбии солонии баландии пирахҳо дар доираи арзишҳои тавозуни ҳаҷм (Таҳияи муаллиф)

Амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи дарёи Саригун барои муайян кардани ҳолати пирахҳо дар баландии гуногун гузаронида шуд.

Тавозуни манфии ҳаҷм ($b_m = -0,282 \text{ m.w.e.}$) талафоти бартарии ҳаҷми пирахҳо дар ин ҳавза дар давраи баррасишаванда нишон медиҳад. Ин ба тамоюли умумии коҳиши пирахҳо дар минтақаҳои кӯҳӣ дар натиҷаи тағйирёбии иқлим мувофиқат мекунад. Диапазони арзишҳои тавозуни ҳаҷми инфиродӣ аз $-2,0$ то $+1,0 \text{ м.ч.о.}$ тағйирёбии назарраси фазоиро дар равандҳои ҷамъшавӣ ва обшавӣ дар пирахҳои гуногун нишон медиҳад. Он метавонад аз фарқияти андоза, баландӣ, ҷойгиршавӣ, топографияи атроф ва микроклими онҳо ба вуҷуд ояд. Хатогии миёнаи модел $0,107 \text{ м ч.о.}$ буда ин нисбатан паст мебошад, ки ин аз дақиқии хуби амсиласозӣ дар ин минтақа шаҳодат медиҳад. Таҳлили амиқтар маълумоти иловагиро дар бораи шароити метеорологӣ ва хусусиятҳои инфиродии пирахҳо, инчунин силсилаи мушоҳидаҳои дарозмуддат барои муайян кардани тамоюлҳои

пайваста талаб мекунад.

Дар маҷмӯъ, натиҷаҳои тадқиқот намунаи мураккаби тағйирёбии яхбандиро нишон медиҳанд, ки бо обшавии оммавӣ дар ин минтақаи баландкӯҳ дар давоми солҳои 2018/2019, ки бо таъсири тағйирёбии иқлим мувофиқ аст (расми 9).



Расми 9. - Амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи дарёи Саригун, шоҳоби кӯли Ховаркӯл

ХУЛОСАҲО

1. Дар асоси таҳлили ҳамачониба бо истифода аз маълумотҳои аз зондиронии фосилавӣ, технологияи GIS, амсиласозии рақамӣ ва мушоҳидаҳои саҳроӣ дар мисоли ҳавзаи кӯли Ховаркӯл оид ба динамикаи яхбандӣ дар минтақаи баландкӯҳи Помири Шарқӣ натиҷаҳои нави илмӣ ба даст оварда шуданд [1-М, 10-М].

2. Тасдиқ карда шуд, ки зондиронии фосилави ҳамчун манбаи фаври ва дастрас барои тадқиқот ва таҳлили пирахҳо арзёби мегардад. Ин усул имкон медиҳад, ки тавсифоти асосии пирахҳо, аз ҷумла динамикаи онҳо муайян карда шавад [9-М, 13-М].

3. Муқаррар карда шудааст, ки чен кардани тавозуни ҳаҷми пирахҳо усули дақиқтарини муайян кардани ҳолати солонаи пирахҳо мебошад, ки ин имкон медиҳад дар шароити тағйирёбии иқлим ҳолати солонаи криосфера муайян карда шавад, ки ин имкон медиҳад маҷрои дарёҳо, ки аз пирахҳо обёрӣ мешаванд боз ҳам дақиқ пешгӯӣ шавад [4-М, 7-М].

4. Маълумотҳои ба даст овардашуда дар инкишофи тадқиқоти глятсиологӣ ва дарки равандҳои дар системаҳои яхбандии Помири Шарқӣ ба амаломата ҳиссаи калон мегузоранд. Онҳо барои арзёбии захираҳои оби минтақа, пешгӯии тағйирот дар ҷараёни об ва хатарҳои алоқаманд дар шароитҳои тағйирёбии иқлим аҳамияти муҳими илмӣ ва амалӣ доранд [3-М, 4-М].

5. Хусусиятҳои асосии динамикаи яхбандӣ дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл муайян карда шудаанд, ки тамоюли умумии камшавии яхбандиро дар тамоми минтақа тасдиқ мекунад [11-М, 12-М].

6. Тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар ҳавзаи дарёи Саригун, ки дар навбати худ маҷрои он ба кӯли Ховаркӯл ҷорӣ мешавад, барои муайян кардани ҳолати пирахҳо дар баландиҳои гуногун амсиласозӣ карда шуд. Тавозуни умумии ҳаҷм ($b_m = -0, 282$ м.ч.о.) нишон дода, обшавии пирахҳоро дар ин ҳавза дар давраи баррасишаванда нишон медиҳад. Ин ба тамоюли умумии коҳиши пирахҳо дар минтақаҳои кӯҳӣ дар натиҷаи тағйирёбии иқлим мувофиқат мекунад [2-М].

ТАВСИЯҲО БАРОИ ИСТИФОДАИ АМАЛИИ НАТИҶАҲО

1. Истифодаи маълумот дар бораи ҳолати кунунӣ ва динамикаи пирахҳо барои дақиқ кардани пешгӯии тағйирот дар захираҳои оби минтақа. Маълумотҳои бадастомадаи тавозуни ҳаҷм ва тағйирёбии масоҳати пирахҳо имкон медиҳанд, ки ҷараёни обҳои аз пирахҳо сарчашма мегиранд ба системаҳои дарёҳо ва кӯлҳо беҳтар ва дақиқтар амсиласозӣ карда шаванд. Ин барои банақшагирии истифодаи об дар соҳаи кишоварзӣ, энергетикӣ ва дигар соҳаҳо муҳим аст.

2. Истифодаи харитаҳои муфассали пирахҳо ва топографияи пирахҳо барои арзёбии хатари равандҳои хатарноки пирахҳо (рахнашавии кӯлҳои пираҳи, тармаҳои пирахҳо, сел ва ғ.). Ин эҳтиёҷот барои тартиб додани объектҳои кадастрӣ ва таҳияи тадбирҳои ҳифзи маҳалҳои аҳолинишин ва шуғли аҳоли заруранд.

3. Натиҷаҳои таҳқиқи яхбандӣ барои пешгуи оқибатҳои имконпазирӣ тағйирёбии иқлим ва муайян намудани минтақаҳои осебпазир, ки чораҳои мутобиқшавиро талаб мекунанд, кӯмак мерасонад.

4. Маводҳои диссертатсиониро имконпазир аст ҳамчун тасвир ва навосии маводҳои дарсӣ истифода бурд. Натиҷаҳои рисола доираи васеи татбиқи амалии имконпазирро дар фаъолияти илмӣ, таълимӣ ва экологӣ, инчунин барои идоракунии фаъолияти об ва пешгирии хатарҳо дар минтақаҳои кӯхӣ доранд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котляков, В. М. Ресурсы поверхностных вод СССР, каталог ледников СССР, том 14, средняя Азия, выпуск 3, Амударья, часть 17, реки бассейна озера Ховаркуль / В. М. Котляков, Л. Э. Фтлас, Г. М. Варнакова, О. В. Рототаева; Институт географии Академии наук СССР. – 1975.

2. Ананичева, М. Д. Изменение ледников гор Сунтар-Хаята и хр. Черского по данным Каталога ледников СССР и космическим снимкам 2001-2003 гг / М. Д. Ананичева, Г. А. Капустин, М. М. Корейша // Материалы гляциологических исследований. – 2006. – № 101. – С. 163-168.

3. Ананичева, М. Д. Оценка изменений ледников гор Бырранга по космическим снимкам и Каталогу ледников СССР / М. Д. Ананичева, Г. А. Капустин // Лёд и снег. – 2010. – № 3. – С. 19-26.

4. Электронный ресурс: USGS : [сайт]. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

5. Десинов, Л. В. Дистанционный мониторинг многолетнего режима оледенения Памира / Л. В. Десинов, В. Г. Коновалов // Материалы гляциологических исследований. – 2007. – № 103. – С. 129-133.

6. Энциклопедия гляциологии / Под ред. В. М. Котлякова. – Москва: ВИНТИ, 2005. – С. 528.

7. Котляков, В. М. Избранные сочинения. Кн. 4: Гляциология Антарктиды / В. М. Котляков. – Москва : Наука, 2000. – С. 433.

8. Kronenberg, M. From point measurements to glacier wide mass balance / M. Kronenberg. // World Glacier Monitoring Service : [сайт]. – 2016. – URL: https://wgms.ch/downloads/CATCOS16_06_Kronenberg_point-to-glacierwide-mass-balance.pdf

РҶҶҲАТИ НАШРҲОИ ИЛМӢ

Мақолаҳо, ки дар маҷаллаҳои илмӣ аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия карда шудаанд

[1-М]. Кабутов Х.Қ. Ҳолати кунунии пирахҳои хурди ҳавзаи кӯли Қарокӯл: тадқиқот ва арзёбӣ // Кабутов Х.Қ. // Захираҳои об, энергетика ва экология. Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. – 2025. – № 5.

[2-М]. Кабутов Х.Қ. Моделсозии тавозуни ҳаҷми пираҳи №139 дар ҳавзаи кӯли Қарокӯли Помири Шарқӣ бо истифода аз модели SMB / Кабутов Х.Қ., Амирзода О.Х., Шерализода Н.Ш., Ҳоэлзле М., Маттеа Е., Сакс Т., Барандун М. // Захираҳои об, энергетика ва экология. Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. – 2024. – № 4.

[3-М]. Кабутов К. Тадқиқоти ҳамаҷонибаи баландшавии пираҳи Медвежий дар Помири Ғарбӣ (1968–2023) / М.Муродов, Л.Ланхай, М.Сафаров, Л.Мингянг, А.Муродов, А.Гулахмадов, К.Кабутов, Қ. Юбао // Remote Sensing. – 2024. – V. 16. – He. 10. – С. 1730.

[4-М]. Кабутов Х.Қ. Тавозуни ҳаҷми пираҳи Зулмарт Шарқӣ (№139) барои солҳои 2018-2022 / А.Қаюмов, Х.Қ.Кабутов, М.Холзле, М.Барандун // Ахбори АМИТ. Шӯъбаи илмҳои физика, математика, химия, геология ва техника. – 2023. – No1(190). – С. 94-102.

[5-М]. Кабутов Х.Қ. Динамикаи тағйирёбии яхбандии ҳавзаи дарёи Саригун дар ҳавзаи кӯли Қарокӯл / А.Қаюмов, Х.Қ.Кабутов, Ҳ.Д.Наврӯзшоев // Ахбори АМИТ. Шӯъбаи илмҳои физика, математика, химия, геология ва техника. – 2022. – No3(188). – С. 165-173.

Мақолаҳо дар нашрияҳои дигар

[6-М]. Хусрав К. Таъсири таназзули пирахҳо ба вазъи бахши кишоварзӣ дар манотиқи баландкӯҳи Тоҷикистон / К. Хусрав, Н. Ҳофиз, Ҳ. Азиз // Маҷаллаи байналмилалӣ Trend in Scientific Research and Development. – 2023. – V. 7. – He. 3. — Саҳ. 1-8.

[7-М]. Кабутов Х.Қ. Омӯзиши пираҳи Зулмарт (№ 139) бо усули глятсиологӣ А.Қ.Қаюмов, Х.Қ.Кабутов // Криосфера. – 2022. – Ҷилди 8. – No3-4. – С. 109-117.

[8-М]. Кабутов Х.Қ. Тавозуни оммавии пираҳи № 139 дар ҳавзаи кӯли Қарокӯли Помири Шарқӣ. / Х.Қ. Кабутов, А.Қаюмов, Т.Сакс, Ҳ.Наврӯзшоев, Ф.Восидов, Н.Некқадамова, А.Ҳалимов // Маҷаллаи Осиёи Марказӣ оид ба тадқиқоти захираҳои об. – 2022. – № 8(2). – С. 70–84. <https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/70-84.rus>

[9-М]. Кабутов Х.Қ. Динамикаи масоҳати кӯлҳои кӯҳӣ дар ҳавзаи дарёи Ғунд (Помир, Тоҷикистон) / Ҳ.Д. Наврӯзшоев, Ҷ.Сагинтаев, Х.Кабутов, Н.Некқадамова, Ф.Восидов, А.Ҳалимов // Маҷаллаи Осиёи Марказӣ оид ба тадқиқоти захираҳои об. – 2022. – 8(2). – С. 85–101. <https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/85-101.rus>

[10-М]. Кабутов Х.Қ. Пираҳҳои калони ҳавзаи дарёи Гунт (Помир, Тоҷикистон). А.Қаюмов, Ҳ.Д. Наврӯзшоев, Х.Қ. Кабутов // Захираҳои об,

энергетика ва экология. – 2021. – № 1(1). — Саҳ. 43-50.

[11-М]. Кабутов Х.Қ. Арзёбии таназзули пирахҳо дар шохоби дарёи Иштансалдии ҳавзаи дарёи Сурхоб бо истифода аз ташҳиси фосилавӣ. / А.К. Каюмов, У. Амиров, Х. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев. // Криосфера. – 2021. – Ҷилди 1. – No1-2. — С. 62-71.

[12-М]. Кабутов Х.Қ. Ҳолати кунунии пирахҳо дар ҳавзаи дарёи Ситарга дар тағйирёбии иқлим. / А.К. Каюмов, С.Т. Гозиев, У.Р. Убайдуллоев, Х.Қ. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев // Криосфера. – 2021. – Ҷилди 1. – No1-2. — С. 79-87.

[13-М]. Кабутов Х.Қ. Ҳолати кунунии пирахҳо дар ҳавзаи дарёи Батрут дар шароити тағйирёбии иқлим. / А.К. Каюмов, А. Давлятова, Х.Қ. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев, Х. Саидзода. // Криосфера. – 2021. – Ҷилди 1. – No3-4. – С. 91-100.

Нашрияҳо дар маҷаллаҳои конфронси илмӣ

[14-М]. Кабутов Х.Қ. Металлҳои вазнин дар намунаҳои боришоти атмосфера ва хокҳои маренаҳои пираҳи Зулмарт / А.К. Каюмов, С.Ф. Абдуллоев, Д. Каюмова, Х.Қ. Кабутов, М. Абдуллоева // Масъалаҳои муосири физикаи моддаҳои конденсатӣ. – 2023. – С.298-304.

[15-М]. Кабутов Х.Қ. Сел дар ноҳияи Роштқалъа соли 2023 / А.К. Каюмов, С.Ф. Абдуллоев, Х.Қ. Кабутов, Х.Д. Наврузшоев // Масъалаҳои муосири физикаи моддаҳои конденсатӣ. – 2023. – С.316-320.

[16-М]. Кабутов Х.Қ. Омӯзиши пирахҳои болооби дарёи Сая Наукрум ҳавзаи дарёи Сурхоб / Камолова Д.Х., Каюмов А.К., Шомахмадов А.М., Кабутов К.К. // «Геология ва Пирахҳо: Масъалаҳои ҷорӣ ва дурнамои ҳифз дар давраи тағйирот. – 2025. – С.48-56.

АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации Курбониёна Хусрава Курбонджона на тему:
«Динамика баланса массы ледников в современных природно-климатических условиях на примере бассейна озера Ховаркуль (Каракуль) Восточного Памира» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.37– Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)

Ключевые слова: ледники, баланс массы, инвертеризация, моделирование, гляциология, Восточный Памир, климат, мониторинг, оледенение, динамика ледников, криосфера, экспозиция ледников, таяние.

Объект исследования – оледенение бассейна озера Ховаркуль.

Предмет исследования - совершенствование методов и технологий измерения баланса массы ледников, моделирования и применённых методов дистанционного зондирования ледников бассейна озера Ховаркуль.

Цель исследований - изучение и оценка влияния климатических изменений на баланс массы и динамику ледников в высокогорной местности бассейна озера Ховаркуль на Восточном Памире.

Научная новизна диссертации: Изучено современное состояние оледенения бассейна озера Ховаркуль. Составлены карты ледников, получены данные баланса массы. Улучшена методика мониторинга состояния ледников. Проведено моделирование баланса массы. Разработаны рекомендации по исследованию ледников с применением ДЗЗ, моделированием и прямыми гляциологическими методами с учётом особенностей климатогеографических условий бассейна озера Ховаркуль.

Теоретическая значимость результатов данной работы могут быть использованы при, мониторинге оледенения и оценке влияния климата на ледники с применением методов дистанционного зондирования. Проведение расчетов баланса массы ледников в современных климатических условиях Восточного Памира. Моделирование баланса массы ледников в климатических условиях Восточного Памира.

Практическая значимость работы заключается в следующем: Определение состояния оледенения при измерении баланса массы ледников и моделирование для оценки влияния климатических изменений на высокогорные ледники. Изучение гляциологического режима ледников бассейнов рек Таджикистана с применением современных средств ДЗЗ. Результаты проведённых полевых изысканий и их использование для реконструкции динамики оледенения Восточного Памира. Методические и технологические основы определения баланса массы ледников и моделирования. Совершенствование моделирования баланса массы ледников важно для современной гляциологии.

Область применения: Проведение инструментальных исследований в области гляциологии, мониторинг ледников с использованием ДЗЗ и анализа состояния горных ледников.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба автореферати диссертатсияи Қурбониён Хусрав Қурбонҷон дар мавзӯи: «Тағйирёбии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар шароити муосири табию иқлимӣ дар мисоли ҳавзаи кӯли Ховаркӯли Помири Шарқӣ» оид ба дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 2.1.

Геология, геодезия, гидрология, сохтмон, меъморӣ (2.1.37 Гидрологияи хушкӣ, захираҳои обӣ, гидрохимия)

Калидвожаҳо: пирахҳо, тавозуни ҳаҷм, инверторизатсия, амсиласозӣ, глятсиология, Помири Шарқӣ, иқлим, мониторинг, яхбанди, динамикаи пирахҳо, криосфера, ҷойгиршавии пирахҳо, обшавии пирахҳо.

Объекти таҳқиқот - Пирахҳои ҳавзаи кӯли Ховаркӯл мебошад

Мавзӯи таҳқиқот - тақмили усулҳо ва технологияи муайянсозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо, амсиласозӣ ва усулҳои татбиқи таҳлили фосилавии пирахҳо дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл.

Ҳадафи таҳқиқот - омӯзиш ва арзёбии таъсири тағйирёбии иқлим ба тавозуни ҳаҷм ва динамикаи пирахҳо дар минтақаи баландкӯҳи ҳавзаи кӯли Ховаркӯли Помири Шарқӣ мебошад.

Навгони илмӣ рисола: Вазъи ҳозираи яхбанди дар ҳавзаи кӯли Ховаркӯл омӯхта шуд. Харитаҳои пирахҳо тартиб дода, маълумоти тавозуни ҳаҷм ба даст оварда шуд. Усули мониторинги ҳолати пирахҳо тақмил дода шуд. Амсиласозии тавозуни ҳаҷми гузаронида шуд. Барои таҳлили пирахҳо бо истифода аз усулҳои зондиронии фосилавӣ, амсиласозӣ ва бевоситаи глятсиологи бо назардошти хусусиятҳои шароити иқлимию географии ҳавзаи кӯли Ховаркӯл таҳлили тартиб дода шудаанд.

Аҳамияти назариявии натиҷаҳои ин корро дар мониторинги яхбанди ва баҳодиҳии таъсири иқлим ба пирахҳо бо усулҳои зондиронии фосилавӣ. Муайян намудани тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар шароити иқлими ҳозираи Помири Шарқӣ. Амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо дар шароити иқлими Помири Шарқӣ.

Аҳамияти амалии кор чунин мебошад: Муайян кардани ҳолати яхбанди тавассути чен кардани тавозуни ҳаҷми пирахҳо ва амсиласозӣ барои арзёбии таъсири тағйирёбии иқлим ба пирахҳои баландкӯҳ. Омӯзиши режими глятсиологии пирахҳо дар ҳавзаҳои дарёҳои Тоҷикистон бо истифода аз таҷҳизоти замонавии зондиронии фосилавӣ. Истифодаи натиҷаҳои таҳқиқоти саҳроии гузаронидашуда дар реконструксияи динамикаи яхбандӣ дар Помири Шарқӣ. асосҳои методологи ва технологияи муайян намудани тавозуни ҳаҷми пирахҳо ва моделсозӣ. Тақмил додани амсиласозии тавозуни ҳаҷми пирахҳо барои глятсиологияи муосир муҳим аст.

Соҳаи татбиқ: Гузаронидани таҳқиқоти инструменталӣ дар соҳаи глятсиология, мониторинги пирахҳо бо истифода аз зондиронии фосилавӣ ва таҳлили ҳолати пирахҳои кӯҳӣ.

ANNOTATION

**of autoreferat of the dissertation of Qurboniyon Khusrav Qurbonjon on:
"Dynamics of glacier mass balance in modern natural and climatic conditions
using the example of the Khovarkul (Karakul) Lake basin in the Eastern
Pamirs" for the degree of doctor of technical sciences in specialty 2.1.
Geology, geodesy, hydrology, construction, architecture (2.1.37 Land
hydrology, water resources, hydrochemistry)**

Key words: glaciers, mass balance, invertebrization, modeling, glaciology, Eastern Pamir, climate, monitoring, glaciation, glacier dynamics, cryosphere, glacier exposure, melting.

The object of the study is the glaciation of the Khovarkul Lake basin.

The subject of the research is the improvement of methods and technologies for measuring the mass balance of glaciers, modeling and applied methods of remote sensing of glaciers in the Khovarkul Lake basin.

The purpose of the research is to study and assess the impact of climate change on the mass balance and dynamics of glaciers in the highlands of the Khovarkul Lake basin in the Eastern Pamirs.

Scientific novelty of the dissertation: The current state of glaciation of the Khovarkul Lake basin has been studied. Glacier maps have been compiled, mass balance data have been obtained. The methodology for monitoring the state of glaciers has been improved. Mass balance modeling has been conducted. Recommendations have been developed for studying glaciers using remote sensing, modeling and direct glaciological methods, taking into account the specific climatic and geographical conditions of the Khovarkul Lake basin.

The theoretical significance of the results of this work can be used in monitoring glaciation and assessing the impact of climate on glaciers using remote sensing methods. Carrying out calculations of the mass balance of glaciers in modern climatic conditions of the Eastern Pamirs. Modeling the mass balance of glaciers in climatic conditions of the Eastern Pamirs.

The practical significance of the work is as follows: Determination of the state of glaciation when measuring the mass balance of glaciers and modeling to assess the impact of climate change on high-mountain glaciers. Study of the glaciological regime of glaciers in the river basins of Tajikistan using modern remote sensing tools. Results of field surveys and their use to reconstruct the dynamics of glaciation in the Eastern Pamirs. Methodological and technological foundations for determining the mass balance of glaciers and modeling. Improvement of glacier mass balance modeling is important for modern glaciology.

Scope of application: Carrying out instrumental research in the field of glaciology, monitoring glaciers using remote sensing and analyzing the state of mountain glaciers.