

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

Тянь-Шаньский высокогорный научный центр при ИВП НАН КР

На правах рукописи

УДК: 551.324.63

Эрменбаев Бакытбек Орозалиевич

**СОВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЙ ХРЕБТА ТЕСКЕЙ
АЛА-ТОО НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА КАРА-БАТКАК**

Специальность:

25.00.27 гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Бишкек-2024 г.

Работа выполнена в Институте водных проблем и гидроэнергетики Национальной академии наук Кыргызской Республики, и Тянь-Шанском высокогорном научном центре (ТШВНЦ)

Научные руководители:

доктор технических наук, академик НАН КР и АН РТ,

Маматканов Дуйшен Маматканович

доктор географических наук,

Чонтоев Догдурбек Токтосартович

Официальные оппоненты:

Чембарисов Эльмир Исмаилович

доктор географических наук, профессор,
главный научный сотрудник, Института ирригации и водных проблем

г. Ташкент

(25.00.27)

Подрезов Олег Андреевич

доктор географических наук, профессор
Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Ельцина г. Бишкек

(25.00.27)

Калашникова Ольга Юрьевна

кандидат географических наук, старший научный сотрудник ЦАИИЗ
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли

(25.00.27)

Ведущая организация: Институт географии РК г. Алматы

Защита состоится в часов на заседании диссертационного совета Д 25.23.687 при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН КР и и Университет Геологических Наук «Институт гидрогеологии и инженерной геологии Республики Узбекистан, в режиме он-лайн, по адресам: г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533; Университет геологических наук Ташкент, Мирзо Улугбекский район, улица Олимлар, 64.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук Кыргызской Республики по адресу 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533, 3-кабинет, тел.+996 312 323728, e-mail: elita_kg@mail.ru; г. Ташкент, Мирзо Улугбекский район, улица Олимлар, 64, e-mail: info@uzgeouniver.uz; телефон: +998 (71) 256-13-49 и на сайтах <http://www.vak.kg>; <http://iwp.kg/index.php/dissertatsionnyj-sovet>.

Автореферат разослан

2023 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета к. г-м. н.

Э.Э. Атыкенова

Актуальность темы исследования: Ледники в горах Тянь-Шаня и Памиро-Алая, на Кавказе и в Альпах катастрофически быстро сокращаются в размерах. По данным гляциологов, за последние 50 лет горные ледники сократились на 30–40%. Наличие ледников в горах крайне необходимо для орошения, обеспечения хозяйственных нужд и энергоснабжения. Пресная вода используется для питьевых целей. Законсервированная в ледниках вода в твердой фазе является важнейшим природным богатством и главным ресурсом национальной экономики, а также важным компонентом решения различных жизненно важных социальных задач. При оттаивании она питает реки и подземные воды, т. е. относится к актуальным задачам, требующим исследований водных ресурсов, гидрологии суши и гидрохимии, включая современную гляциологию. Процессы глобального потепления климата оказывают планетарное и региональное воздействие на население и территории государств, особенно на чувствительные горные и пустынные геосистемы криосферы стран Центральной Азии, где формируются стоки рек с ледниковой составляющей в условиях деградации оледенений. Дальнейшее сокращение оледенений в горах в ближайшем будущем приведет к уменьшению ледникового стока и водности рек Центральной Азии, что делает исследование данной темы актуальным [1, 2, 3-12, 13-29].

Цель и задачи исследования: Цель исследования заключается в необходимости изучения влияния изменения климата за последний полувековой период времени на оледенение хребта Тескей Ала-Тоо и доказательства репрезентативности данных мониторинга ледника Кара-Баткак для криосферы восточной части Северного Тянь-Шаня. Комплекс дистанционных, полевых и наземных исследований потребовал постановки и решения серии следующих приоритетных задач:

1. Собрать, обобщить и проанализировать имеющуюся информацию по криосферным, гидрометеорологическим и гляциологическим характеристикам хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак;

2. Использовать с адаптацией к имеющимся данным и восстановить недостающие прерванные ряды наблюдений для установления характеристик динамики изменений оледенения и климата на хребте Тескей Ала-Тоо;

3. Осуществить комплексный анализ пространственно-временных изменений характеристик ледников района исследований с середины XX века, используя историческую информацию, аэрофотоснимки, космические снимки, топографические карты разных лет съемки поверхности ледников, полученные с помощью беспилотных летающих аппаратов — дронов;

4. Применить эффективные методологии и определить среднюю величину понижения высоты поверхности репрезентативных ледников на хребте Тескей Ала-Тоо за последнее столетие;

5. Использовать метод радиозондирования и измерить объемы расположенных в различных экспозиционных частях хребта Тескей Ала-Тоо ледников, включая Кара-Баткак и Ашуу-Тор;

6. Выявить наиболее значимые тренды изменчивости основных метеорологических характеристик и оценить климатические изменения в исследуемой высокогорной области хребта Тескей Ала-Тоо;

7. Выполнить на основе метеорологических данных и результатов прямых инструментальных измерений реконструкцию баланса массы репрезентативных ледников;

8. Проанализировать характеристики чувствительности, время отклика и реакцию ледников на современные климатические изменения;

9. Подсчитать важнейший показатель динамики оледенения — баланс массы на примере ледника Кара-Баткак за последние годы;

10. Установить роль и влияние современных изменений климата на деградацию оледенения на хребте Тескей Ала-Тоо;

Научная новизна полученных результатов:

1. Выявлены на основе детального изучения более чем полувековой эволюции оледенения хребта Тескей Ала-Тоо, тренды их деградации.

2. Научно обоснованы закономерности дегляциации на основе новейших инструментальных комплексных многолетних исследований динамики площади, объема и баланса массы, изменения внутреннего строения и абляции как забронированной, так и открытой части репрезентативного ледника Кара-Баткак в условиях климатических изменений.

Практическая значимость результатов:

1. Полученные результаты использованы при подготовке научно-практических обоснований для оценок темпов деградации оледенений, передаваемых в профильные министерства, и позволяют уточнить запасы льда и пресной воды в ледниках хребта Тескей Ала-Тоо.

2. Результаты рекомендованы для использования при разработке народнохозяйственных проектов по рациональному использованию природных ресурсов Иссык-Кульской области.

3. Научная прикладная работа, изданная в коллективной монографии, используется при чтении специальных курсов лекций и проведении практических занятий в ВУЗе.

Основные защищаемые положения:

1. Установлены с использованием новейших технологий мониторинга криосферы высокие и неравномерные темпы сокращения площади ледников и снижения уровня их поверхности как доказательства условий потепления климата на примере оледенения хребта Тескей Ала-Тоо.

2. Выявлены закономерности изменчивости пространственно-временных характеристик сокращения оледенения с начала малого ледникового периода, заключающиеся в ускорении темпов их деградации за последние 50 лет и устойчивом отступании на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо.

3. Выявлены устойчивые тренды повышения среднегодовых и летних температур приземного воздуха, ведущие к росту среднегодовых расходов воды в водотоках вследствие взаимосвязи аккумуляции с повышением

абляции и потери баланса массы объема ледников, расположенных в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу.

4. Разработанные прикладные инновации с использованием шурфования и зачистки термоэрозионных обнажений моренно-ледникового комплекса позволили выявить наличие забронированных каменных глетчеров, сопряженных с деградирующими ледниками хребта Тескей Ала-Тоо, предварительные оценки которых указывают на их значительную роль в питании стока рек на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак.

5. Внедренные результаты исследований, посвященные оценкам деградации оледенений в условиях изменения климата, были апробированы на престижных международных конференциях и симпозиумах, включая исследования ледников хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак, и опубликованы в рейтинговых журналах «СКОПУС», «Веб. Оф Сайнс» и «РИНЦ» с общей оценкой 300 баллов, позволившие включить полученные результаты в страновую, Центрально-Азиатскую и Мировую базу знаний.

Материалы, используемые в работе, и личный вклад автора: автор внедрил методы дешифрирования аэрофото- и космических снимков ледников и осуществлял совместно с сотрудниками ТШВНЦ при ИВП и ГЭ НАН КР наземные многолетние обследования аккумуляции и абляции ледника Кара-Баткак. Рассчитывал баланс массы ледников исследованиях абляции забронированных ледников. Организовывал и проводил в экспедициях систематические измерения уровня и расхода воды в реках Кашка-Тор и Чон-Кызыл-Суу. Внедрил современные методы обработки гидрометеорологической и гляциологической информации, по данным топокарт и SRTM создал цифровые модели рельефа, дешифрировал аэрофото- и космические снимки Sentinel и Landsat, границы моренных комплексов, с составлением новых карт деградации ледников.

Апробация результатов исследования: основные положения диссертации представлены автором в докладах на научно-практических конференциях: Международный семинар по изменениям снежного покрова и его моделированию в Северной Евразии, Университет Хиросаки, Япония 19-21. 02. 2020; 5-й Международный семинар по метеорологической науке и технологиям в Центральной Азии 14-16.10. 2019 г. Нанкин Китай; Международный учебно-практический семинар 28-30 09. 2019 г., Дакка, Бангладеш; Международный учебно-практический семинар “Technology Application for Disaster Risk Reduction(DRR) in Central Asia”г.Ченду, Китай 9 – 24.07. 2018; Международный семинар, посвященного Всемирному дню воды и Международному десятилетию действий: Вода для устойчивого развития 2018–2028 гг. по результатам проекта PEER-454 USAID «Отклик водных ресурсов на изменение климата и динамику ледников в трансграничных речных бассейнах Центральной Азии» Бишкек, 25-27 04.2019 г.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях: издано более 25 статей, включая 1 коллективную монографию.

Структура и объем диссертации: 157 страниц, 72 рисунка, 14 таблиц, 148 источника литературы.

Автор благодарит научных руководителей академика НАН КР и РТ д.т.н. Маматканова Д.М и д.г.н. Чонтоева Д.Т. за ценные советы, сотрудников ТШВНЦ и ИВП и ГЭ НАН КР оказавших содействие и ГИС сопровождение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Введение диссертации подчеркивает важность темы, устанавливает объект и предмет исследований, формулирует цель и задачи, выдвигает основные положения для защиты, описывает практическую и экономическую значимость результатов и раскрывает структуру диссертации.

Первое защищаемое положение: выявлены, с применением современных технологий мониторинга криосферы, высокие и неравномерные скорости уменьшения площади ледников и понижения уровня их поверхности, служащие свидетельством потепления и изменения климата, на примере оледенения хребта Тескей Ала-Тоо [1, 2, 3-12, 13-29]. В исследовании была проведена верификация, дополнение и уточнение КАТАЛОГА ЛЕДНИКОВ на примере оледенения хребта Тескей Ала-Тоо и репрезентативного ледника Кара-Баткак (см. Рис.1).

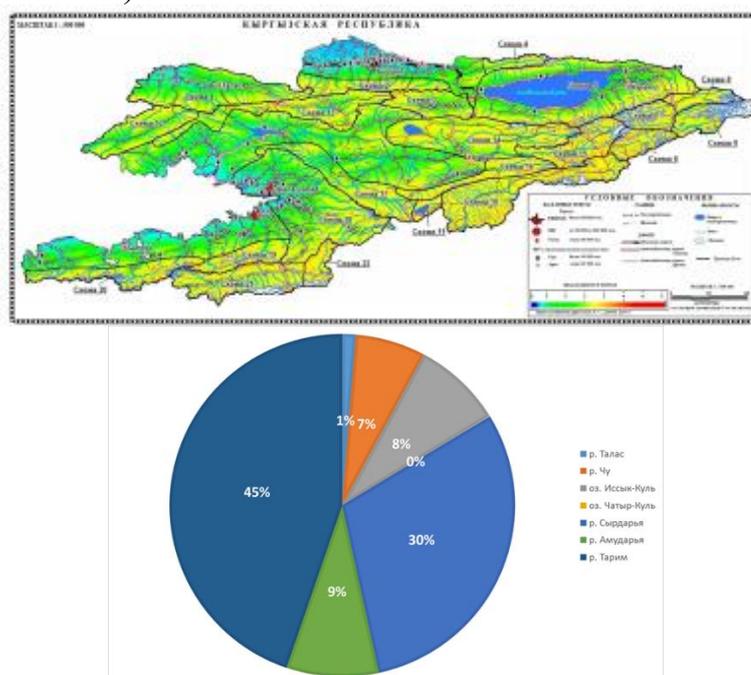


Рисунок 1. Карта –схема типизации оледенения и диаграмма величины оледененности в Каталоге ледников Кыргызстана (ЦАИИЗ, 2016).

Автор провел комплексные исследования по оценке темпов деградации ледников, используя космические снимки Landsat, позволившие получить более детальные полевые измерения сокращения площади оледенения в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу и ледника Кара-Баткак. По Каталогу ледников ЦАИИЗ (2016 г.), площадь деградации ледника Кара-Баткак в 2016 году составляет **16%**, по Шабунину А. **17%**, по Сатылканову Р.А. **22%**, по данным автора Эрменбаева Б.О. **20 %**.

Глава 1. Физико-географические и криосферные условия оледенения хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак.

В главе излагается гляциологическая изученность территории хребта Тескей Ала-Тоо, а также репрезентативного бассейна реки Чон-Кызыл-Суу, основываясь на ранее опубликованных данных (см. Рис.2) [1, 2, 3-12, 13-29].

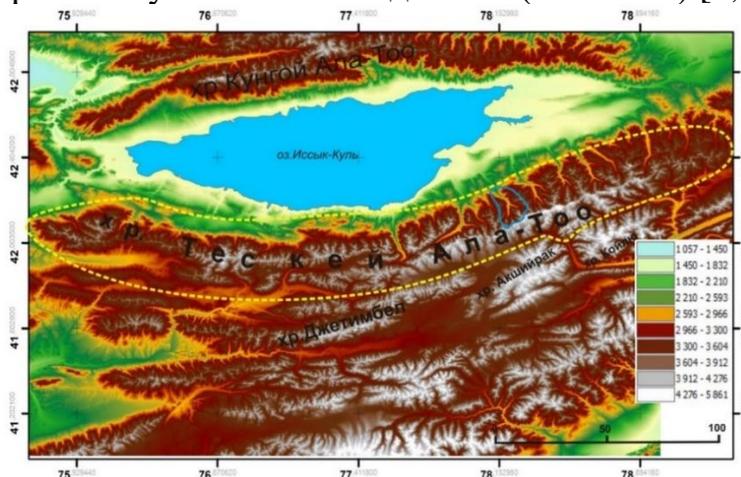


Рисунок 2. Космический снимок рельефа, с выделенной на хребте Тескей Ала-Тоо высотной зоной исследований криосферы Тянь-Шаня.

Проанализированы метеорологические условия, и исследованы условия таяния снежного покрова и поступления талых вод в водосбор в зависимости от высотного положения границ снеготаяния (верхней и нижней) и интенсивности таяния.

Глава 2. Комплексные методы исследований гидролого-климатических характеристик и баланса массы ледников.

Второе защищаемое положение. Выявлены закономерности изменчивости пространственно-временных характеристик сокращения оледенения с начала малого ледникового периода, заключающиеся в ускорении темпов их деградации за последние 50 лет и устойчивом отступании на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо [1, 2, 3-12, 13-29].

В главе представлены методы комплексных исследований оледенений хребта Тескей Ала-Тоо и опорного ледника Кара-Баткак, включая оценку влияния климатических изменений на деградацию ледников [1, 2, 3-12, 13-29].

С 2014 года в ТШВНЦ под руководством автора проводятся гляциологические и гидрометеорологические исследования в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу, исследования направлены на изучение процессов формирования стока с опорного ледника Кара-Баткак, и выявления генетических составляющих стока в корреляции с метеорологическими условиями каждого конкретного года. Основной задачей гляциологических исследований является расчет баланса массы ледника. Этот показатель рассчитывается как алгебраическая разность между суммарным приходом вещества (аккумуляцией) к началу таяния (май месяц) и суммарным расходом (абляцией) после окончания процесса таяния (сентябрь месяц).

При осуществлении балансовых наблюдений использовались все доступные в гляциологической практике методы расчетов, включая стратиграфическую систему отчетности STR. В частности, применялись следующие подходы: 1. Расчеты на основе годовых значений аккумуляции st и абляции at ; 2. Определение зимнего bw и летнего bs балансов; 3. Вычисления по чистой аккумуляции bnf и чистой абляции bni .

Для определения границ этих периодов использовались данные о температуре воздуха с метеостанций Кара-Баткак и Чон-Кызыл-Суу. Начало периода абляции снега определялось по дате, когда средняя суточная температура воздуха стабильно превышала 0°C на нижней границе ледника.

Метеорологические наблюдения проводились на леднике Кара-Баткак, и гидрометеостанции Чон-Кызыл-Суу, на высоте 2550 м. Наблюдения осуществлялись одновременно с использованием суточных самописцев температуры и влажности воздуха и автоматических метеостанций. Была установлена тесная корреляция между среднемесячной температурой воздуха на ГМС Чон-Кызыл-Суу, измеряемой с помощью АМС и барабанных самописцев, с коэффициентом корреляции 0,97. Для анализа связи среднемесячных температур воздуха, полученных на ГМС Чон-Кызыл-Суу с помощью АМС и суточных самописцев, был выбран период наблюдений с 2013 по 2016 год, когда измерения температуры воздуха велись непрерывно. Для оценки темпов деградации ледников использовали метод ДЗ дистанционного зондирования и снимки из разных годов наблюдений: 1. аэрофотоснимки в цифровом формате TIFF высокого разрешения за 1967, 1977, 1988 годы; 2. топографические карты масштаба 1:25000 для восточной части хребта Тескей Ала-Тоо, актуальные на 1977 год; 3. космические снимки Landsat 1-5 за 1977 год, Landsat-5 за 1990-2006 годы, Landsat-7 за 1999-2000 годы, Landsat-8 за 2019 год, Skysat за 2018 год, Sentinel-2 за 2019 и 2020 годы, SRTM DEM за 2014 год, полученные с сайта Геологической службы США (USGS)-<https://earthexplorer.usgs.gov/>. В исследовании отобраны спутниковые изображения, с периодам максимальной абляции и минимальной облачности.

Глава 3. Интегрированный мониторинг оледенения Тескей-Ала-Тоо северного Кыргызстана и репрезентативного ледника Кара-Баткак условиях изменения климата.

Третье защищаемое положение. Выявлены устойчивые тренды повышения среднегодовых и летних температур приземного воздуха, ведущие к росту среднегодовых расходов воды в водотоках вследствие взаимосвязи аккумуляции с повышением абляции и потери баланса массы объема ледников, расположенных в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу [1, 2, 3-12, 13-29].

В главе представлены результаты инструментальных наблюдений, проведенных автором в период с 2013 по 2021 годы, а также их сравнительный анализ с данными предыдущих лет [1, 2, 3-12, 13-29].

Целью анализа было выявление изменений в детерминирующих

метеорологических параметрах (температуре и осадках) и компонентах внешнего массо-энергетического обмена ледника. Полученные результаты оценки деградации ледника Кара-Баткак были сопоставлены с характеристиками других опорных ледников исследуемой территории.

Измерения накопления снега на леднике Кара-Баткак осуществлялись дважды в год: в период максимального снегонакопления (в мае) и в период уменьшения снегового покрова (в октябре).

Результаты накопления снеготазов в водном эквиваленте за период с 2014 по 2021 год, можно сделать вывод о значительном разбросе этой величины — от 273 мм в 2014 году до 594 мм в 2017 году, при среднем значении 440 мм (см. Рис. 3). Определенные значения снеготазов имеют тесную корреляцию с данными о стоке (расходе воды) в гидропосте Кашка-Тор на истоке реки.

Объем воды, запасенной в снеге, является определяющим для величины снегового питания (снегового паводка) реки, который обычно приходится на июнь, частично затрагивая конец мая и начало июля, в зависимости от метеорологических условий каждого конкретного года (см. Рис. 3).



Рисунок 3. Гистограмма изменения средних за сезон запасов воды в снеге на леднике Кара-Баткак в высотном диапазоне 3370-4800 м.

Высота фирновой линии (зоны). Определение высоты фирновой линии осуществлялось с использованием метода Гесса на карте, а также через прямые измерения на местности.

Высотное положение фирновой линии меняется в зависимости от погодных условий: в теплое и сухое лето она поднимается выше, в холодное — опускается. Амплитуда колебания высоты сравнительно значительная и зависит от степени увлажненности и температурного режима конкретного года.

Наглядно демонстрируются данные по динамике фирновой линии за два периода: 1957-1968 и 2015-2021 годы (см. Рис. 4).

В первом периоде средняя многолетняя высота фирновой линии составляла 3770 м, при этом амплитуда её колебаний достигала 290 м.

Во втором периоде средняя высота увеличилась до 4000 метров, а амплитуда колебаний снизилась до 160 метров.

Таким образом, за рассматриваемый период средняя высота фирновой линии возросла на 230 метров, в то время как амплитуда её колебаний уменьшилась на 130 метров.

Эти наблюдения подтверждают тенденцию к повышению температуры воздуха в высокогорной зоне, что свидетельствует о потеплении климата и сокращении оледенения (см. Рис.4).

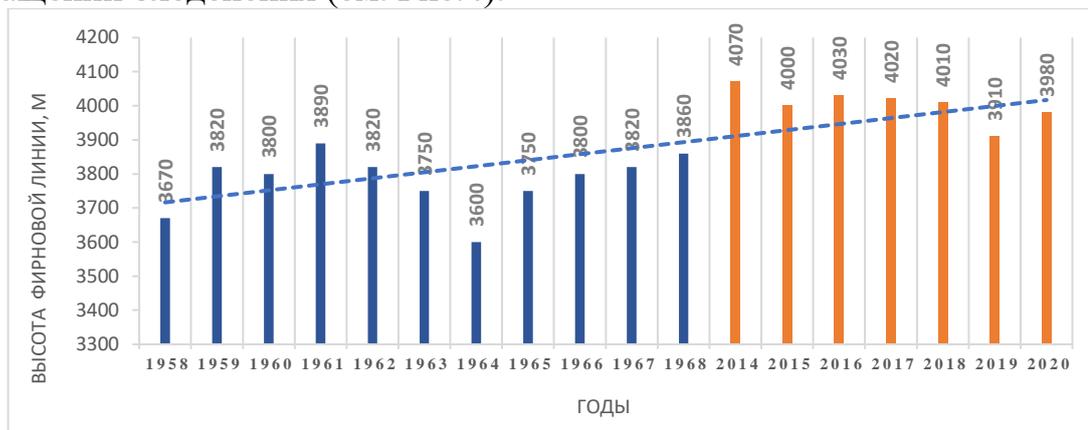


Рисунок 4. График изменений и увеличения фирновой линии ледника Кара-Баткак.

Приведены результаты суммарной абляции на языковой части ледника по всей его поверхности за период наблюдений 2013 -2021 гг. (см. Рис. 5).

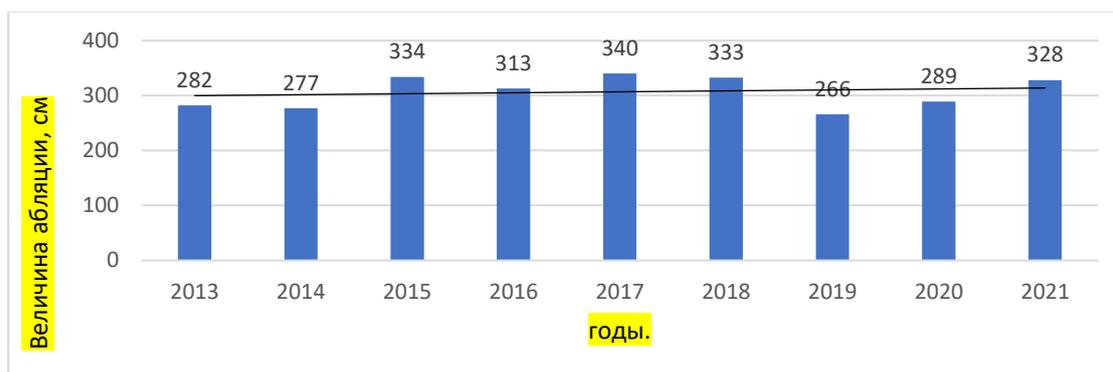


Рисунок 5. Диаграмма суммарной абляции и тренд языковой части ледника Кара-Баткак (в см).

Проанализирована зависимость абляции от температуры воздуха. Установлены тесные связи между количеством и продолжительностью дней сезона абляции и процессами таяния ледника (см. Рис. 6 и Рис. 7).

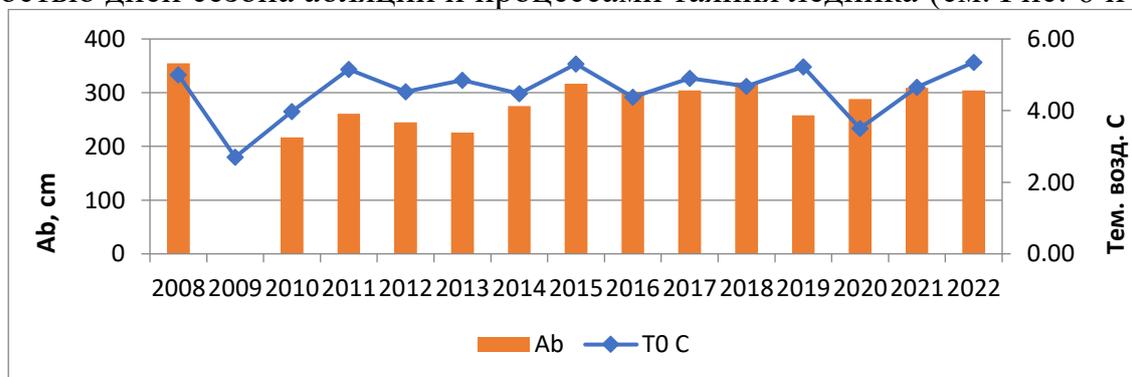


Рисунок 6. Гистограмма абляция ледника Кара-Баткак и мониторинга изменения температура воздуха за период 2008-2022 гг.

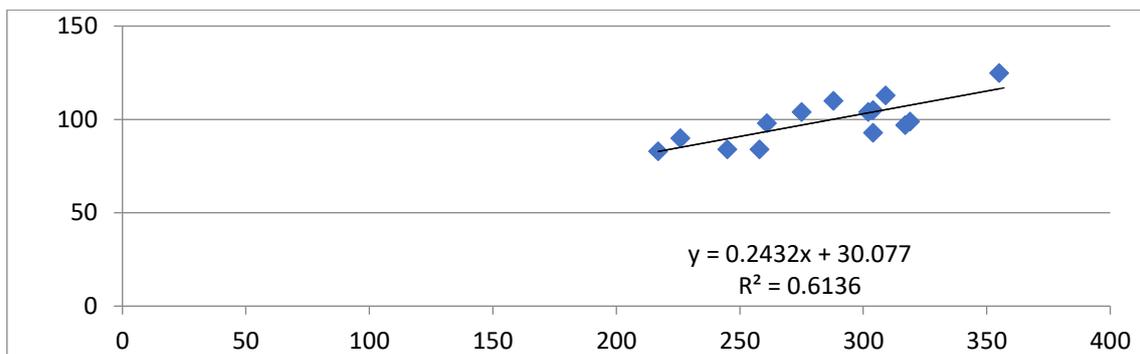


Рисунок 7. График коэффициент корреляции продолжительность дней сезона абляции с таянием ледника период 2008-2022 гг.

Забронированный ледник. В ходе полевых прикладных исследований были применены методы шурфования и зачистки термоабразионных обнажений моренно-ледникового комплекса (МЛК). Это позволило выявить наличие множества забронированных каменных глетчеров, которые находятся в связи с деградирующими ледниками хребта Тескей Ала-Тоо, а также провести предварительные оценки их роли в формировании стока рек на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак. Результаты проходки шурфов на поверхностной морене и с ориентацией на морфологически различные по возрасту стадияльные морены позволили составить карту, отображающую предварительно определенную толщину моренного покрова на языковой части МЛК Кара-Баткак (см. Рис.8).

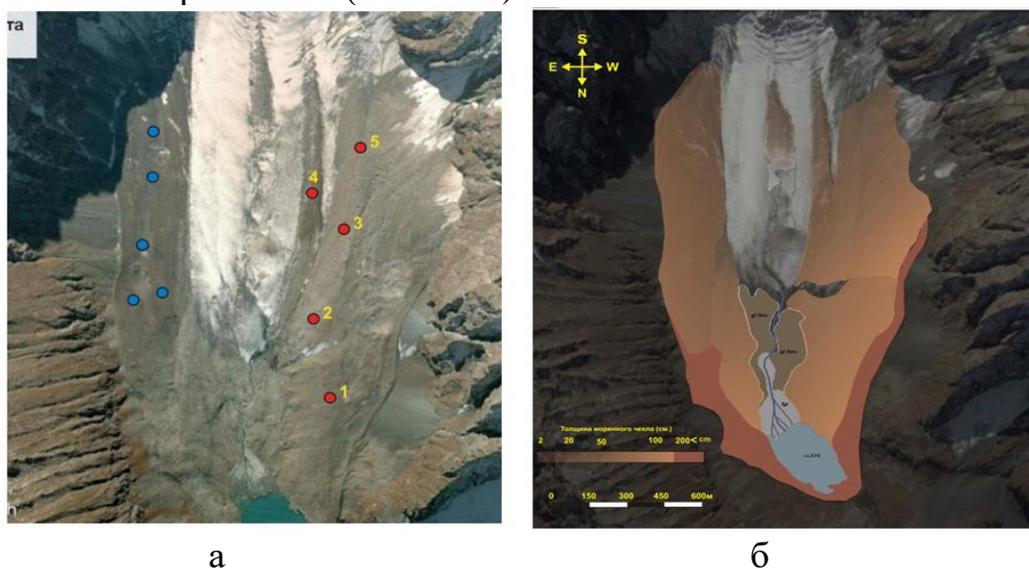


Рисунок 8. а) Космоснимок с выделением красным и синим цветом местоположения выкапывания шурфов и установки абляционных рек для выявления мощности моренного чехла и скорости таяния льда под моренами. б) Толщина моренного чехла на заморененных участках МЛК Кара-Баткак, выделены разной тональностью оранжевого цвета показана толщина моренного чехла.

Выявлены скорость таяние забронированного ледника в зависимости от мощности моренного чехла (см. Рис. 9).

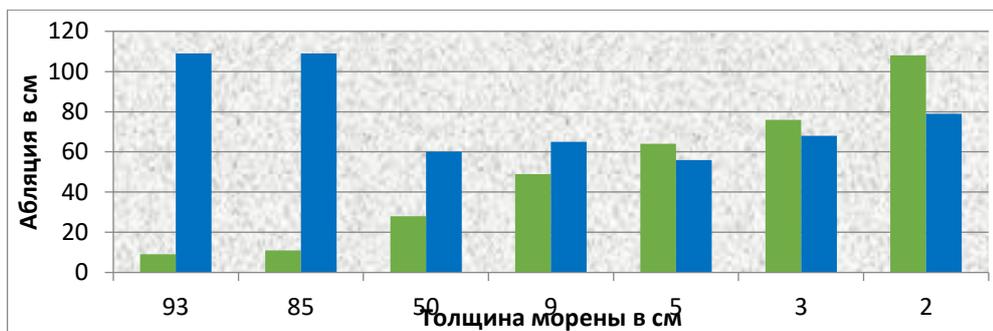


Рисунок 9. Гистограмма суммарной абляции на забронированных и открытых участках ледника. (синий цвет - абляция на открытых участках, зеленый - на заморенных участках).

Баланс массы ледника. Исследование динамики изменения баланса массы ледника Кара-Баткак выявило тенденцию к сокращению оледенения в контексте глобального потепления климата. Для сопоставления с другими ледниками в качестве опорных были выбраны ледники Сары-Тор и Борду, расположенные в массиве Акшийрак. Результаты измерений баланса массы этих опорных ледников направляются в глобальную базу данных Всемирной службы мониторинга ледников (WGMS, Цюрих, Швейцария). В результате восстановления серии гляциологических наблюдений за период с 2013 по 2021 годы, баланс массы ледника Кара-Баткак демонстрировал отрицательные значения (см. Рис. 10).

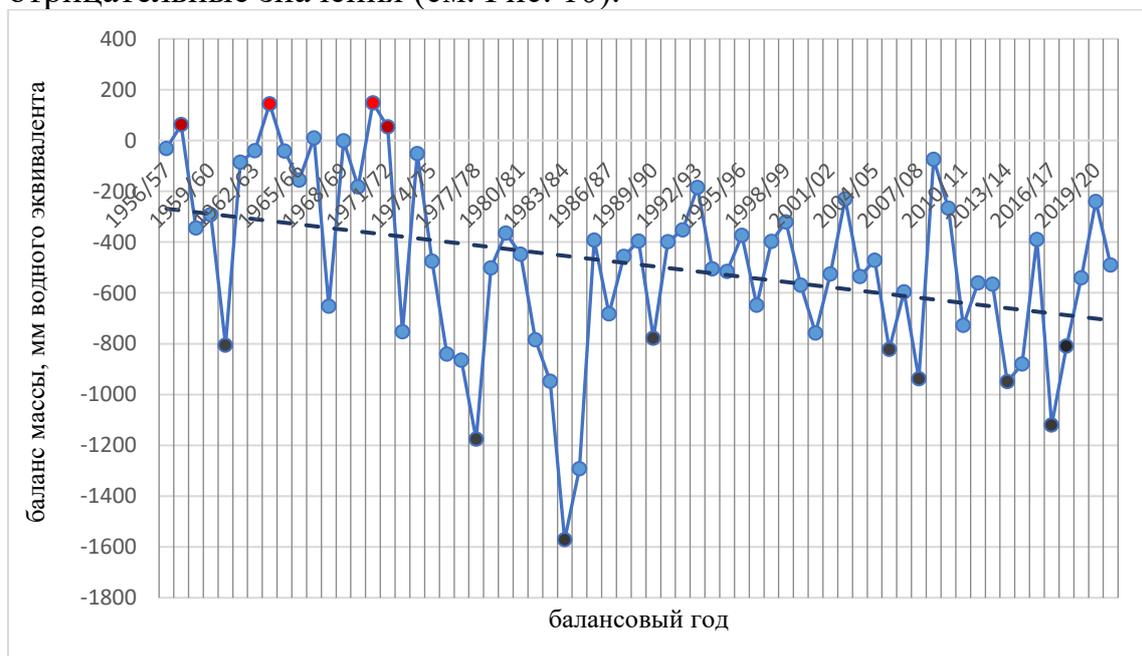


Рисунок 10. Тренд значений баланса массы ледника Кара-Баткак (1957-2021 гг.).

Исследование баланса массы ледника Кара-Баткак включало анализ данных за разные периоды: 1956/57-1997/98 гг. (фактические измерения) и 2013/14-2020/21 гг. (также фактические измерения), а также 1998/99-2012/13 гг. (восстановленные данные, реконструкция А.С. Губанова, 2019 г.). В исследовании отмечается отрицательная тенденция тренда баланса массы

ледника в течение всего рассматриваемого периода, за исключением 5 лет с положительным бюджетом: 1957/58, 1963/64, 1966/67, 1970/71 и 1971/72 гг.

После 1972 года в течение последующих 60 лет бюджет ледника Кара-Баткак был отрицательным, при этом расход воды превышал приход на 86 млн. кубических метров, что в слое стока с поверхности ледника составляет 28870 мм (28,87 м). За этот период кумулятивный тренд баланса массы направлен вниз, что отражает постоянную тенденцию к сокращению (деградации) ледника начиная с 1970-х годов XX века. Также была выявлена тесная связь баланса массы ледника с его абляцией (см. Рис. 11). График с коэффициентом корреляции между аккумуляции и баланса массы (Рис. 12).

Четвертое защищаемое положение. В ходе полевых исследований, включающих шурфование и зачистку термоэрозийных обнажений моренно-ледникового комплекса, были применены прикладные инновации. Эти методы позволили выявить наличие забронированных каменных глетчеров, которые находятся в сопряжении с деградирующими ледниками хребта Тескей Ала-Тоо. Предварительные оценки этих каменных глетчеров указывают на их значительную роль в формировании стока рек, что было проиллюстрировано на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак [1, 2, 3-12, 13-29].

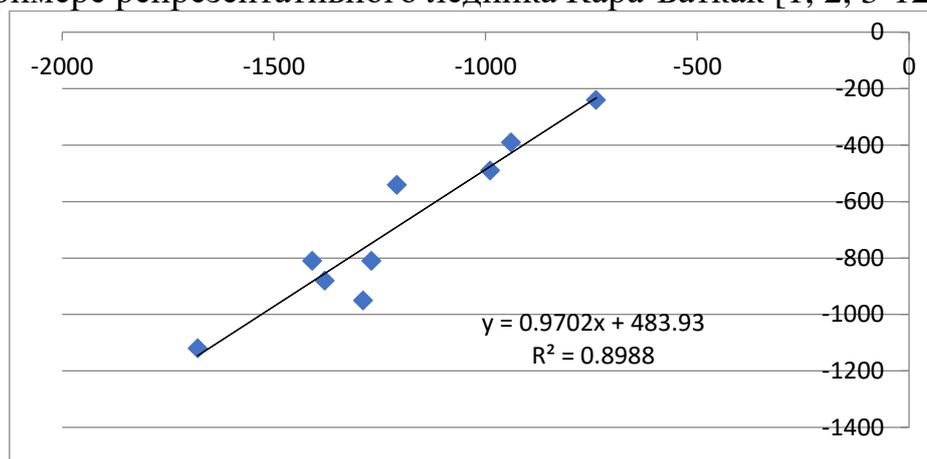


Рисунок 11. График коэффициента корреляции между абляцией и баланса их массы.

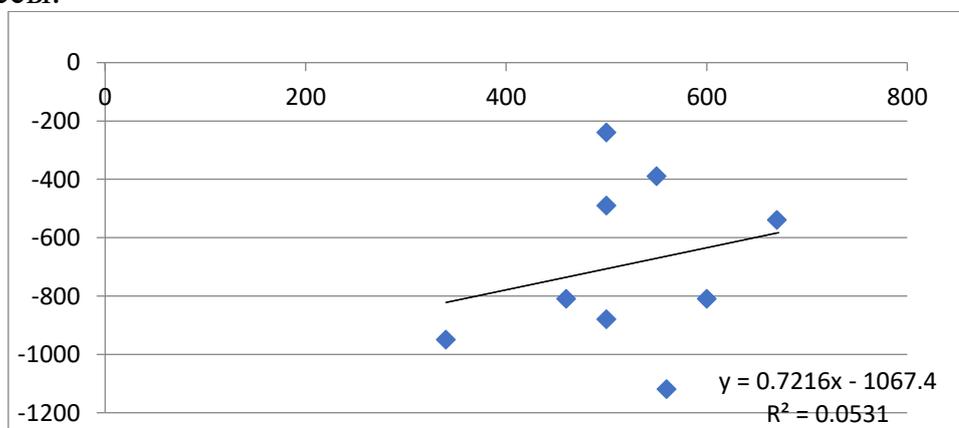


Рисунок 12. График с коэффициентом корреляции между аккумуляции и баланса массы.

Глава 4. Закономерности пространственно-временной динамики вековой эволюции оледенения хребта Тескей-Ала-Тоо и роль репрезентативного ледника Кара-Батк

Четвертое защищаемое положение. Разработанные прикладные инновации с использованием шурфования и зачистки термоэрозионных обнажений моренно-ледникового комплекса позволили выявить наличие забронированных каменных глетчеров, сопряженных с деградирующими ледниками хребта Тескей Ала-Тоо, предварительные оценки которых указывают на их значительную роль в питании стока рек на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак.

В главе представлен анализ динамики оледенения всего хребта Тескей Ала-Тоо, выполненный с использованием метода дистанционного зондирования (ДЗ). Особое внимание уделено анализу оледенения в репрезентативном бассейне реки Чон-Кызыл-Суу, включая линейное отступление ледников. Для обширного понимания, приведены сравнительные данные о современной эволюции репрезентативных ледников других хребтов Тянь-Шаня [2, 3-12, 13-29]

Согласно результатам дешифрирования, в 1999 году на хребте было зафиксировано 1103 ледника общей площадью 983 км². К 2019 году количество ледников незначительно увеличилось до 1107, но их общая площадь уменьшилась на 106 км² (10,7%) и составила 877 км².

Это изменение в количестве ледников, вероятно, связано с распадом некоторых небольших ледников на более мелкие фрагменты, а сокращение общей площади обусловлено полным исчезновением ледников площадью менее 1 км² (см. Рис. 13 и Табл. 1).

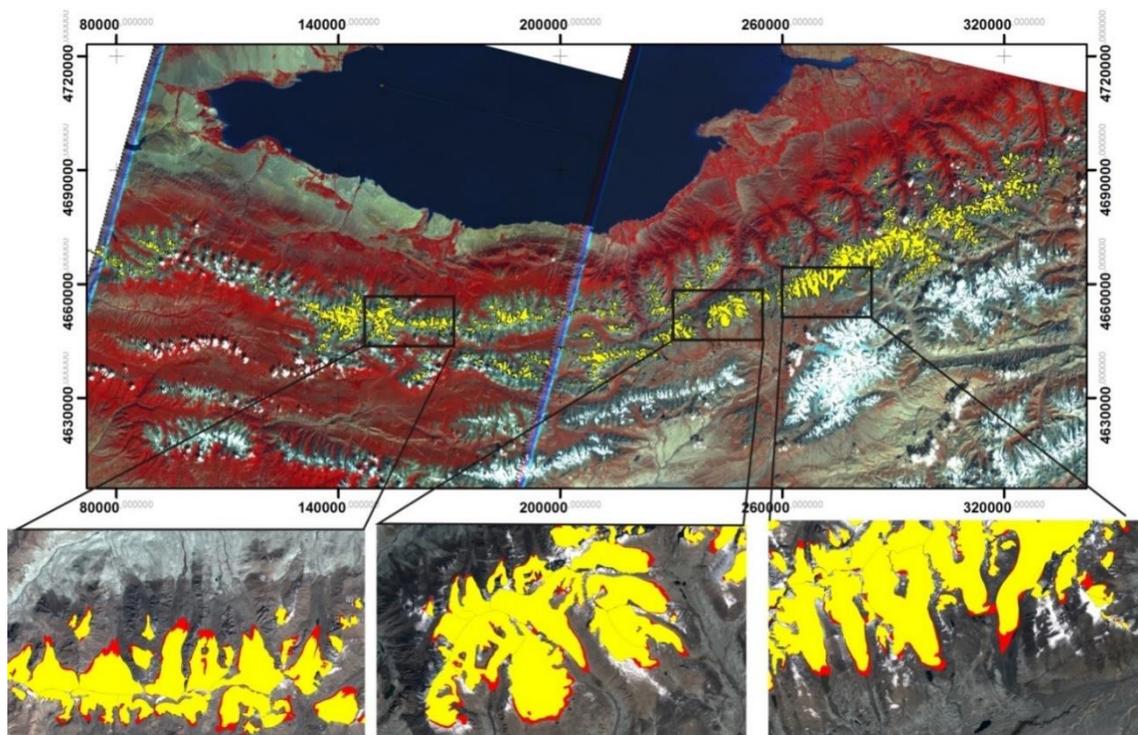


Рисунок 13. Космоснимки изменения размеров ледников (красный цвет на увеличенных снимках - положение на период 1999 г.; желтый - в 2019 г.).

Ввиду ускоренного сокращения малых ледников, их общая площадь уменьшилась на 15 %, а площадь ледников более 1,0 км²- на 9% (см. Табл. 1).

Таблица 1. Деградация ледников по зависимости от их площади.

Размер площади ледников, км ²	Количество/площадь, км ²		Сокращение площади, %
	1999	2019	
<1	866/325	859/277	15
1>	237/658	248/600	9,0
Всего	1103/983	1107/877	10,7

Было установлено, что наиболее значительное сокращение оледенения произошло у небольших ледников, площадь которых составляет менее 5 км².

Ледники, расположенные на южном склоне хребта Тескей Ала-Тоо, сокращаются более интенсивно, чем ледники на северном склоне. В период с 1965 по 2019 год площадь 11 ледников южного склона хребта уменьшилась на 9-25% от их первоначальной общей площади, причем наибольшее сокращение, до 25%, наблюдалось у ледников площадью менее 5 км² [7].

Была проведена типизация ледников хр. Тескей Ала-Тоо. В результате этого исследования было установлено, что ледники карово-долинного типа подвергаются значительному сокращению своей площади (см. Рис. 14).

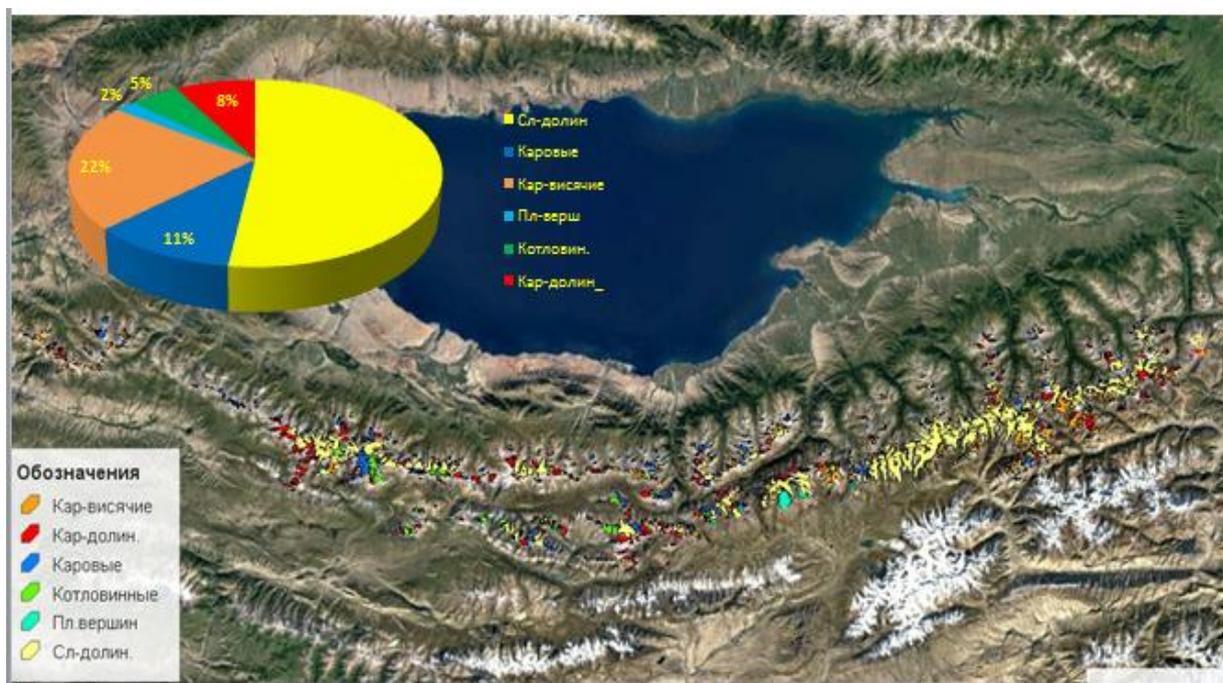


Рисунок. 14. Типы ледников хребта Тескей Ала-Тоо (по цветам выделены типы ледников).

Изменение площади ледников является важным показателем их динамики. Однако другой, не менее важный и наглядный эволюционный показатель — это отступление ледников, то есть подъем высотной отметки языка ледника.

Отступление ледников было определено и установлено с использованием доступной информации о ледниках и их эволюции, а также топографических карт прошлых лет и космических снимков.

Особое внимание в исследовании уделялось репрезентативному леднику Кара-Баткак. Установлено, что ежегодное отступление ледника на северном склоне составляет 8 метров в год, а на южном склоне - 11 метров в год [7]. За период с 1967 по 2018 год линейное отступление языка ледника Кара-Баткак составило 438 метров. В период с 1967 по 1977 год ледник отступил на 60 метров, что соответствует скорости отступления 6 метров в год. С 1977 по 1990 год ледник отступил на 73 метра, со скоростью отступления 5,6 метров в год.

В период с 1990 по 1996 год ледник Кара-Баткак отступил на 46 метров, что соответствует скорости отступления 7,3 метра в год. С 1996 по 2006 год произошло отступление ледника на 75 метров при скорости 7,5 метров в год. За период с 2006 по 2017 годы ледник отступил на 88 метров, что означает скорость отступления 8,0 метров в год.

В общем, согласно данным дистанционного зондирования ледника, ежегодное его отступление увеличилось с 5,6 метра до 8 метров. Особенно заметная активизация этого процесса наблюдалась в последние 20 лет. Площадь ледника Кара-Баткак за период наблюдений с 1967 по 2018 год сократилась на 0,8 км², что составляет 22% от его первоначальной общей площади (см. Рис. 15 и Табл. 2).

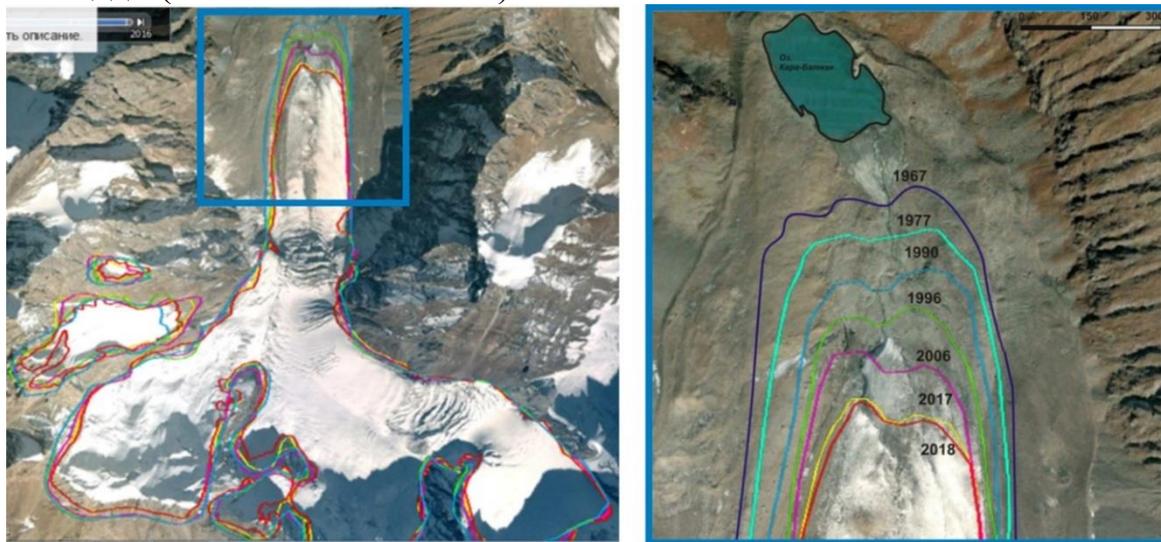


Рисунок. 15. Линейное отступление языка ледника Кара-Баткак в разные годы (1967-2018 г).

Таблица 2. Изменение площади ледника Кара-Баткак с 1967 по 2018 гг., км².

1967	1978	1990	1996	2017	2018	Сокращение площади в период 1967-2018 гг.
3	3	2,51	2,46	2,28	2,15	0,23
3,2	3	2,7	2,6	2,5	2,4	0,8 (22%)

Сравнение показывает, что ледник Адыгене отступает почти в два раза быстрее, чем Кара-Баткак (см. Рис. 16).

Согласно дешифрированию данных с 1967 по 2022 год, ледник Адыгене в среднем отступил на 218 метров, или 11 метров в год [11]. Площадь ледника Адыгене за период с 1977 по 2022 год сократилась на 20% (см. Табл. 3).

Таблица 3. Изменение площади ледника Адыгене период 1977 по 2022 гг., км².

1977	1993	2022	Сокращение площади в период 1977-2022 гг.
3,6	3,3	2,9	0,7 (20%)



Рис. 16. Линейное отступление ледника Адыгене в период 1977-2022 гг.

Ледниковый сток. Ледниковый сток формируется из воды, образующейся вследствие таяния ледника, а также из поверхностного, внутри- и подледникового стока. Однако, согласно данным Г.А. Авсюка [1], на ледниках Тянь-Шаня из-за низких температур подледниковое и внутриледниковое таяние либо отсутствует, либо ничтожно мало. Поэтому основным источником формирования ледникового стока считается поверхностное таяние. В качестве стационарного полигона наблюдений использовался горно-ледниковый бассейн Кара-Баткак. Высотные отметки ледника Кара-Баткак и замыкающего створа гидрологического поста Кашка-Тор-исток превышают 3260 м. Нулевая изотерма поднимается на эту высоту к концу мая - началу июня, когда и начинается процесс таяния сезонного снега на леднике, зафиксированный на гидрологическом посту «исток» путем измерения расходов воды. После схода сезонного снега (в первой декаде июля) и открытия ледника начинается второй паводок – ледниковый, формируемый талым стоком с ледника. Гидрографы среднесуточных расходов воды по гидропосту Кашка-Тор-исток за три характерных года – многоводный, средний и маловодный представлены (см Рис. 17). С помощью метода расчленения выделены генетические составляющие стока – снеговое и ледниковое питание [2]. На представленных гидрографах стока выделен период снегового таяния, который длится до открытия ледника – с 1 июня по 3-13 июля. В этот период на гидрографе наблюдаются пики, соответствующие снеговому стоку [2].

После этого периода на гидрографах зафиксирован резкий спад стока, что связано с истощением снеготазов на леднике. С 4-14 июля, в зависимости от метеорологических условий конкретного года, при повышении температуры воздуха начинается постепенный подъем стока. Это увеличение стока обусловлено таянием ледника (ледниковый сток). Согласно данным снеготазов, к этому времени язык ледника уже полностью открыт [2].

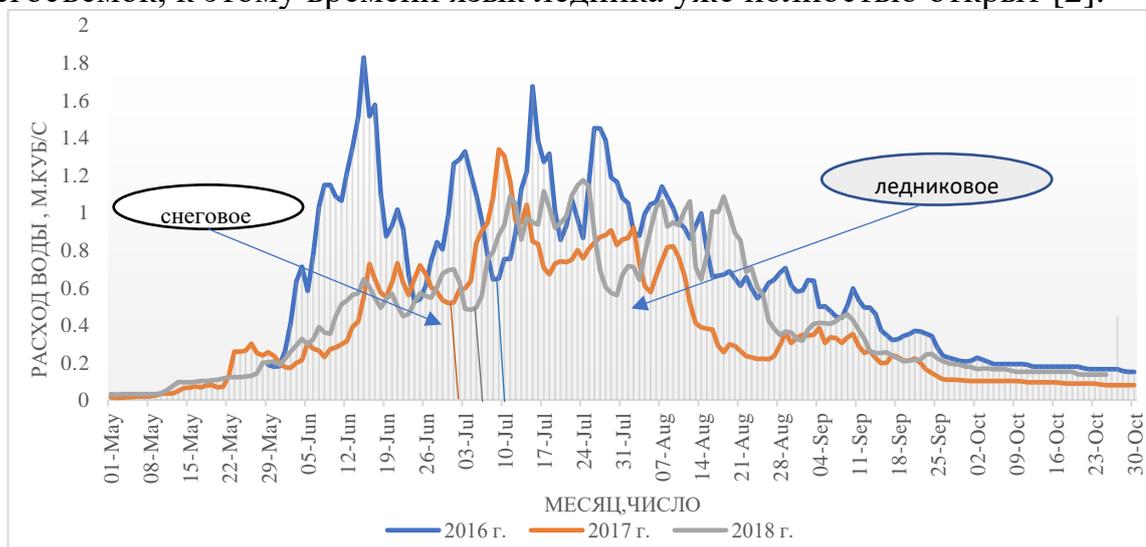


Рисунок 17. Гидрографы среднесуточных расходов воды в р. Кашка-Тор за годы: 2016 – многоводный, 2017 – средний, 2018 – маловодный.

Период ледникового паводка, обусловленного таянием ледника, составляет в среднем 73-86 дней, тогда как общий период таяния длится в среднем 122 дня. В сентябре сток обеспечивается не только талыми водами, вызванными повышением температуры воздуха и продлением периода таяния, но и водами, аккумулированными ледником и моренами в течение всего паводкового периода. Максимальная водоносность рек ледниково-снегового питания обычно наблюдается в июле, хотя в отдельные годы максимум может сдвигаться на август. В паводковый период наблюдается спад стока на гидрографе, связанный с понижением температуры воздуха и выпадением осадков. Участие осадков периода половодья (июнь-сентябрь) в формировании стока, условно называемого дождевым, было рассчитано на основе данных об осадках, которые переведены в слой стока на поверхности ледника. Поскольку коэффициент стока летних осадков в теплый период равен 1,0 (то есть практически все выпавшие осадки участвуют в формировании стока), эти осадки учитываются как дождевое питание. Одной из ключевых особенностей водного режима рек с ледниково-снеговым питанием является значительная внутри- и межсуточная изменчивость стока. Эта изменчивость напрямую зависит от суточных колебаний метеорологических элементов, таких как температура воздуха в каждый конкретный день и осадки. Осадки обычно выпадают при вторжении холодных масс, что приводит к резкому снижению температуры воздуха и, соответственно, к уменьшению или даже полному прекращению процесса таяния [1].

Для расчета величины таяния используется характеристика, называемая слоем стока. Слой стока h (мм) определяется как количество воды, стекающей с водосбора за определенный интервал времени (в данном случае за период с июня по сентябрь), и представляет собой толщину водного слоя, которая была бы равномерно распределена по всей площади водосбора [1].

При расчете слоя стока, обусловленного снеговым и дождевым питанием, была учтена вся площадь водосбора, равная 7,53 км². В то же время, для расчета ледникового стока учитывалась только площадь ледника, исключая его забронированную часть, что составляет 2,5 км².

Результаты расчетов источников питания, основанные на генетическом расчленении гидрографа стока за период наблюдений на гидропосту Кашка-Тор-исток (2013-2017) годы, следующие [2]:

1. Сезонное снеговое питание составляет от 25% до 40% от общего стока, со средним многолетним значением 31%;
2. Ледниковое питание составляет от 52% до 72%, со средним значением 64%;
3. Дождевое питание колеблется от 3% до 8%, при среднем значении 5%.

Пятое защищаемое положение. Исследования, посвященные оценке деградации оледенения в условиях изменения климата, особенно на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак, были успешно внедрены и апробированы. Эти исследования представлены на престижных международных конференциях и симпозиумах, а также опубликованы в рейтинговых журналах, индексируемых в базах данных СКОПУС, Веб Оф Сайнс и РИНЦ, суммарно набрав общий рейтинг в 300 баллов, позволившие включить полученные результаты в страновую, Центрально-Азиатскую и Мировую базу знаний.

Научные труды автора: коллективная монография и 25 публикаций, посвящены прикладным исследованиям изменения климата и его влияния на оледенение, и получили признание в научном сообществе.

Заключение

1. С использованием новейших технологий мониторинга криосферы установлены высокие и неравномерные темпы сокращения площади ледников и снижения уровня их поверхности как доказательства условий потепления климата на примере оледенения хребта Тескей Ала-Тоо. Площадь ледника сократилась на 17% с 1981 по 2018 годы, поднялась с 3600-3900 м до 4000 м., фирновая линия. Объем ледника за 62 лет деградации, сократился на 86 млн. м³., т.е. на 30 м слоя стока со всей поверхности.

2. Выявлены закономерности изменчивости пространственно-временных характеристик сокращения оледенения, заключающиеся в ускорении темпов их деградации за последние 50 лет на примере устойчивого отступления ледников хребта Тескей Ала-Тоо. Ледники северного склона расположены на высотах 3000-5000 м, преимущественно в интервале 3300-4500 м. Ледники южного склона находятся в интервале 3900-4600 м. За 1999-2019 гг. сокращение ледников северного склона составило 11%, а южного склона - 9%, что связано с различием солнечной радиации. В результате увеличения

темпов отступления с середины 60-х годов площадь оледенения бассейна р. Чон-Кызыл-Суу и ледника Кара-Баткак сократились на 25%.

3. Получены устойчивые тренды повышения среднегодовых и летних температур приземного воздуха, ведущие к росту среднегодовых расходов воды в водотоках вследствие взаимосвязи аккумуляции с повышением абляции и потери баланса массы объема ледников, расположенных в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу. Проведены прямые наблюдения и измерения, на основе которых был рассчитан баланс массы bn для опорных ледников Кара-Баткак, Сары-Тор и Борду. В 2020/21 году баланс массы ледника Кара-Баткак составил -490 мм вод. экв. Для ледника Сары-Тора баланс массы был получен расчетным путем и составил 410 мм вод. экв., что увеличило количество прямых наблюдений до 12 лет и повысило точность ранее выполненной реконструкции. Для ледника Борду была получена шестая по счету величина баланса массы bn , составившая 650 мм вод. экв.

4. Представлены полученные шурфованием и зачисткой термоэрозийных обнажений моренно-ледникового комплекса прикладные результаты данные позволившие выявить наличие забронированных каменных глетчеров, сопряженных с деградирующими ледниками хребта Тескей Ала-Тоо, предварительные оценки которых указывают на их значительную роль в питании стока рек на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак.

5. Результаты исследований, посвященные оценкам деградации оледенений в условиях изменения климата, были апробированы на престижных международных конференциях и симпозиумах, включая исследования ледников хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак, и опубликованы в рейтинговых журналах «СКОПУС», «Веб. Оф Сайнс» и «РИНЦ» с общей оценкой 300 баллов и используются в международной и страновой информационной научной базе знаний.

6. Реальную угрозу представляет интенсивное отступление ледников хребта Тескей Ала-Тоо, которая за последние десятилетия негативно влияет на потенциал водно-энергетической безопасности для населения Кыргызстана и трансграничных стран Центральной Азии.

7. Полученные данные о сокращении оледенения подтверждают прогнозы ученых гляциологов о тренде двойного до 50% уменьшении оледенения к 2050 году и возможной полной деградации оледенения хребта Тескей-Ала-Тоо к 2100 году при сохранении текущих темпов глобального потепления.

Список опубликованных работ по теме диссертации

А) Монографии

1. Маматканов Д.М. Влияние изменений климата на горную экосистему Тянь-Шаня (на примере Иссык-Кульского и Чуйского бассейнов). [Текст]// Д.М. Маматканов, Л.В. Бажанова, В.А. Кузьмичонок, В.В. Романовский, Р.А. Сатылканов, О.Д. Эрдман, Б.О. Эрменбаев, Chen Xi, Jilili Abuduwaili, Nu Rugi. Б.: Нур-Ас, 2014. 524 с.

2. Чонтоев Д.Т. Водные и гидроэнергетические ресурсы Кыргызстана в условиях изменения климата. Коллективная монография. [Текст]. Д.Т.Чонтоев, Д.М. Маматканов, Ш.Э. Усупаев, Р.Г. Литвак, Е.И.Немальцева, О. Давлеталиева, Н.В. Ершова, О.М. Стрижанцева, Л.В.Бажанова, А.К.Мамбетова, В.И.Липкин, М.С. Абдулдаев, М.Е.Коккозов, С.А. Ерохин, Т.В.Тузова, В.В. Загинаев, Б.М. Жакеев, Э.С.Шаршеев, А.У.Чымыров, Г.К.Асанакунова, Б.У. Абылмеизова, М.М.Дылдаев, Н.В.Кенжебаев, Р.С.Кермалиев, Э.Т. Токторалиев, О.И. Элеманов, Р.А.Сатылканов, В.И.Шатравин, К.Б. Осмонбаева, Б.О.Эрменбаев, Д.Д. Саякбаев. Б.: 2022 – 400 с. С.7-50.

Б) Статьи в СКОПУСЕ и Веб Об Сайнс

3. Feng Chen, Shulong Yu, Huaming Shang, Ruibo Zhang, Tongwen Zhang, Heli Zhang, Youping Chen, Rysbek Satylkanov, Bakytbek Ermenbaev, Zainalobudin Kobuliev, Ahsan Ahmadov «The Productivity of Low-Elevation Juniper Forests in Central Asia Increased Under Moderate Warming Scenarios. Volume 126, Issue 4 April 2021» <https://doi.org/10.1029/2021JG006269>.

4. Ruibo Zhang, Yujiang Yuan, Xiahua Gou, Qing He, Huaming Shang, Tongwen Zhang, Chan Feng, Ermenbaev B, Shulong Yu, Li Qin, Ziang Fan. «Tree-ring-based Moisture variability in western Tien-Shan Mountains since A.D. 1882 and its possible driving mechanism». International Journal Agricultural and Forest Meteorology Pages 267-276, 2016

5. Hui-Qin Wang, Feng Chen, Ermenbaev B, Rysbek Satylkanov «Comparison of drought-sensitive tree-ring records from the Tien Shan of Kyrgyzstan and Xinjiang (China) during the last six centuries» Chinese Journal Advances in Climate Change Research, Volume 8, Issue 1, Pages 18-25, 2017

6. ZHANG R., ERMENBAEV B., ZHANG H., SHANG H., ZHANG T., YU S., QIN L., CHONTOEV D.T., SATYLKANOV R. «Natural discharge changes of the Naryn River over the past 265 years and their climatic drivers» CLIMATE DYNAMICS ISSN: 0930-7575 eISSN: 1432-0894. Том 55, стр. 1269-1281, 2020

7. ZHANG R.1, 2, 3, ZHANG T.1, ALI M.1, QIN L.1, ERMENBAEV B.4, SATYLKANOV R.4. The Radial Growth of Schrenk Spruce (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.) Records the Hydroclimatic Changes in the Chu River Basin over the Past 175 Years FORESTS eISSN: 1999-4907, 2019, №3. s. 223

8. Wanqin GUO, Shiyin LIU, Jiewen FU, Juanxiao GONG, Saadat TASHBAEVA, Bakytbek ERMENBAEV «Glacier changes in the drainage basin of Issyk-Kul Lake, Kyrgyzstan, during the 1960 to the 2010 » (Abstract) (Абстракт) 2010

9. Wanqin GUO, Shiyin LIU, Jiewen FU, Juanxiao GONG, Saadat TASHBAEVA, Bakytbek ERMENBAEV «Glacier changes in the drainage basin of Issyk-Kul Lake, Kyrgyzstan, during the 1960 to the 2010 » (Abstract) (Абстракт) 2010

10. Tree-ring-based Moisture variability in western Tien-Shan Mountains since A.D. 1882 and its possible driving mechanism» International Journal Agricultural and Forest Meteorology pages 267-276 2016 Ruibo Zhang, Yujiang Yuan, Xiahua Gou, Qing He, Huaming Shang, Tongwen Zhang, Chan Feng, Bakytbek Ermenbaev, Shulong Yu, Li Qin, Ziang Fan.

11. «Reconstruction of a long streamflow record using tree rings in the upper Kurshab River (Pamir-Alai Mountains) and its application to water resources management» International Journal of Water Resources Development
Том 33, - Выпуск 6 <https://www.researchgate.net/publication/307591459>
2017 Feng Chen, Qing He, Ermenbaev Bakytbek, Shulong Yu, Ruibo Zhang
12. Hui-Qin Wanga Feng Chena Bakytbek Ermenbaevb Rysbek Satylkanovb
«Comparison of drought-sensitive tree-ring records from the Tien Shan of Kyrgyzstan and Xinjiang (China) during the last six centuries»
Chinese Journal Advances in Climate Change Research, Volume 8, Issue 1, Pages 18-25 <https://www.researchgate.net/publication/335610873> 2017

В) Статьи в тематических сборниках

и периодических изданиях, рекомендованных НАК КР

13. Маматканов Д.М. Высокогорные озера бассейн реки Тон Иссык-Кульской области и оценка их прорывоопасности. [Текст]// Маматканов Д.М., Эрменбаев Б.О. Известия НАН. КР. №3. 2010, С. 45-48
14. Ерохин С. А. Скорости линейного отступления и факторы регресса горно-долинных ледников Тянь-Шаня. [Текст]// Ерохин С. А., Эрменбаев Б.О. ASA Regional Workshop on Roles of Academies of sciences Water and energy problems 2011. 95-98 2012
15. Эрменбаев Б.О. «Высокогорные прорывоопасные озера Иссык-Кульской области» [Текст]// Эрменбаев Б.О. Сборнике научных трудов КазНИИВХ, г.Тараз "Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве", Том 49, Выпуск 2, 2012, С. 36-41
16. Эрменбаев Б.О. Динамика состояние ледника Кара-Баткак. [Текст]// Эрменбаев Б.О. Сборника научно-практической конференции молодых ученых Кыргызстана. «Старт в большую науку» 5-6 ноябрь 2013 г. стр. 56-57.
17. Ерохин С. А. Классификация и оценка озер по степени прорывоопасности». [Текст]// Ерохин С. А., Эрменбаев Б.О. Монография: Влияние изменения климата на горную экосистему Тянь-Шаня. Изд. «НУР-АС», Бишкек. 2014, С. 85-99.
18. Бажанова Л.В. Изменение климата и водные проблемы Кыргызстана (на примере внутреннего Иссык-Кульского бассейна). [Текст]// Бажанова Л.В., Эрменбаев Б.О. Книга «Водные ресурсы Центральной Азии» Париж, Франция, Том 25. 2015, С. 59-74
19. Бажанова Л.В. Динамика оледенения в условиях современного изменения климата на примере ледника Кара-Баткак, хребет Тескей Ала-Тоо. [Текст]// Бажанова Л.В., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета, Том 17, №5. 2017, С. 189-194.
20. Эрменбаев Б.О. Влияние загрязнённости льда (покрытые мореной) на величину абляции ледника Кара-Баткак. [Текст]// Эрменбаев Б.О Известия ОШТУ № 1, Часть 1, 2018, С. 141-148
21. Шатравин В.И. Ледовые ресурсы Тянь-Шаня в забронированных ледниках. [Текст]/ Шатравин В.И., Маматканов Д.М., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О.,

- Ваткинс Д./Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 3, 2018, С. 110-114
22. Эрменбаев Б.О. Современные тенденции баланса массы ледника Кара-Баткак. [Текст]// Известия вузов Кыргызстана. [Текст] Б.О. Эрменбаев, № 11, 2018. С. 37-41.
23. Эрменбаев Б.О. Линейное отступление и изменения площади ледника Кара-Баткак. Известия вузов Кыргызстана. [Текст]// № 11, 2018. С. 42-49.
24. Эрменбаев Б.О. Изменение подходов к расчету баланса массы ледников внутреннего Тянь-Шаня. [Текст]// Эрменбаев Б.О., Маматканов Д.М., Сатылканов Р.А., Поповнин В. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Б.О. Эрменбаев № 4, 2019, С.190-194
25. Шатравин В.И. Пространственное прогнозирование селевой опасности на основе фациально-литологических особенностей селеформирующих отложений. [Текст]// Шатравин В.И., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 4, 2019, С. 116-121
26. Эрменбаев Б.О. Забронированные ледники северного Тянь-Шаня и их влияние на стока рек. Известия НАН КР. [Текст] Б.О. Эрменбаев, №1, 2020. С. 40-46.
27. Лендер Ван Трихт, Измерение и определение толщины льда распространение четырех ледников на Тянь-Шане, Кыргызстан. [Текст]// Филипп Хейбрехтс, Йонас Ван Бридам, Йоханнес Й. Фюрст, Олег Рыбак, Рысбек Сатылканов, Бакыт Эрменбаев, Виктор Поповнин, Робби Нейнс, Хлоя Мари Пейс и Филипп Мальц. Журнал гляциологии 1–18. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.104> Доработана: 15 ноября 2020 г. Принята в печать: 16 ноября 2020 г.
28. Эрменбаев Б.О. Современная эволюция ледников хребта Тескей Ала-Тоо за последний 50 лет. [Текст]// Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Саякбаев Д.Д. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 4, 2021, С. 39-43
29. Эрменбаев Б.О. Современная эволюция оледенений хребта Тескей Ала-Тоо и их влияние стока рек. [Текст]// Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Сатылканов Р.А. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 9, 2022, С. 69-74.

Эрменбаев Бакыт Орозалиевичтин диссертациясы: География илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн «ТЕСКЕЙ АЛА-ТОО КЫРКАСЫНЫН МӨҢГҮЛӨРҮНҮН АЗЫРКЫ ЭВОЛЮЦИЯСЫ КАРА-БАТКАК МӨҢГҮСҮНҮН МАСАЛЫНДА»: 25.00 27 - жердин гидрологиясы, суу ресурстары жана гидрохимиясы.

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: абляция, мөңгү, мөңгү, фирн, морена, мөңгү, көмүлгөн муз, криосфера, масса балансы, муз ресурстары, Тянь-Шань

Изилдөө объектилери: Тескей Ала-Тоо кыркаларынын мөңгүлөрү жана Кара-Баткактын мисалында мөңгүлөр

Иштин максаты: акыркы жарым кылымдагы климаттын өзгөрүшүнүн Тескей Ала-Тоо кырка тоосунун мөңгүсүнө тийгизген таасирин изилдөө жана Кара-Баткак мөңгүсүнүн чыгыш бөлүгүнүн криосферасы үчүн мониторинг маалыматтарынын репрезентативдүүлүгүн далилдөө. Түндүк Тянь-Шандын бир бөлүгү.

Изилдөө методдору: физикалык-географиялык, гляциологиялык, криосфералык, аралыктан изилдөө, жер үстүндөгү, мониторингдик, кар өлчөөчү, аблативдик, гидрологиялык, метеорологиялык, температура.

Натыйжалар: 1. Криосферанын мониторинги Тескей Ала-Тоо кырка тоосунун мөңгүсүнүн мисалында климаттын өзгөрүшүнүн жылынуу шарттарынын далили катары мөңгүлөрдүн аянтындагы кыскаруунун жогорку жана бирдей эмес темптерин жана алардын бетинин деңгээлинин төмөндөшүн аныктады. 2. Кичи муз доорунун башталышынан тартып мөңгүнүн кыскарышынын мейкиндик-убакыттык мүнөздөмөлөрүнүн өзгөрмөлүүлүгү аныкталган, бул алардын акыркы 50 жылдагы деградациясынын ылдамдыгынын өсүшүнөн жана алардын туруктуу чегинүүсүнөн турат. Тескей Ала-Тоо кырка тоосунун мөңгүлөрүнүн мисалы. 3. Чоң-чоң жээгинде жайгашкан мөңгүлөрдүн көлөмүндө аккумуляциянын абляциянын көбөйүшү жана масса балансынын бузулушу менен байланышынан улам суу агымдарында суунун орточо жылдык агымынын ылдамдыгынын өсүшүнө алып келген орточо жылдык жана жайкы абанын температурасынын жогорулашы аныкталган. Кызыл-Суу дарыясынын бассейни.

Колдонуу боюнча сунуштар: Талаа изилдөөлөрүнүн натыйжасында морена-мөңгү комплексинин термикалык эрозиядан чыккан жерлерин казуу жана тазалоо аркылуу инновациялар алынды, Тескей Ала-Тоо кырка тоолорунда запастык тоо мөңгүлөрү аныкталды, алардын суунун курамын алдын ала баалоодо алардын олуттуу ролун көрсөтүүдө. Кара-Баткак мөңгүсүнүн мисалында дарыянын агымын камсыздоо.

Колдонуу чөйрөсү: Гляциология, суу ресурстары, жердин гидрологиясы, гидрохимиясы, Кыргызстанда жана Борбордук Азиянын трансчегаралык өлкөлөрүндө климаттын өзгөрүшүнүн шарттарында коопсуз суу менен камсыз кылуу үчүн.

РЕЗЮМЕ

Диссертация Эрменбаева Бакыта Орозалиевича на тему: **СОВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЙ ХРЕБТА ТЕСКЕЙ АЛА-ТОО НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА КАРА-БАТКАК** на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности: **25.00.27 гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия.**

Ключевые слова: абляция, оледенение, ледник, фирн, морена, глетчер, погребенный лед, криосфера, баланс массы, ледовые ресурсы, Тянь-Шань.

Объекты исследований: оледенение хребта Тескей Ала-Тоо и ледники на примере Кара-Баткак

Цель работ: изучение влияния изменения климата за последний полувековой период времени на оледенение хребта Тескей Ала-Тоо и доказательство репрезентативности данных мониторинга ледника Кара-Баткак для криосферы восточной части Северного Тянь-Шаня.

Методы исследований: физико-географические, гляциологические, криосферы, дистанционные, наземные, мониторинговые, снегомерные, абляционные, гидрологические, метеорологические, температурные.

Результаты: 1. Установлены мониторингом криосферы высокие и неравномерные темпы сокращения площади ледников и снижения уровня их поверхности как доказательства условий потепления изменяющегося климата на примере оледенения хребта Тескей Ала-Тоо. 2. Выявлены закономерности изменчивости пространственно-временных характеристик сокращения оледенения с начала малого ледникового периода заключающегося в росте темпов их деградации за последние 50 лет и их устойчивого отступления на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо. 3. Выявлены повышения среднегодовых и летних температур приземного воздуха ведущего к росту среднегодовых расходов воды в водотоках вследствие взаимосвязи аккумуляции с повышением абляции и потери баланса массы объема ледников, расположенных в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу.

Рекомендации по использованию: Получены инновации с помощью шурфования и зачистки термоэрозионных обнажений моренно-ледникового комплекса полевыми исследованиями, выявлены забронированные каменные глетчеры на хребте Тескей Ала-Тоо, предварительные оценки водности которых указывают на значительную их роль в питании стока рек на примере ледника Кара-Баткак.

Область применения: Гляциология, водные ресурсы, гидрология суши, гидрохимия, для безопасного водообеспечения в условиях изменения климата Кыргызстана и трансграничных стран Центральной Азии.

SUMMARY

Dissertation by **Ermenbaev Bakyt Orozalievich** on the topic: **MODERN EVOLUTION OF GLACIATIONS OF THE TESKEY ALA-TOO RIDGE ON THE EXAMPLE OF THE KARA-BATKAK GLACIER** for the scientific degree of Candidate of Geographical Sciences in the specialty: **25.00.27 land hydrology, water resources and hydrochemistry.**

Key words: ablation, glaciation, glacier, firn, moraine, glacier, buried ice, cryosphere, mass balance, ice resources, Tien Shan

Objects of research: glaciation of the Teskey Ala-Too ridge and glaciers using the example of Kara-Batkak

The purpose of the work: to study the impact of climate change over the last half-century on the glaciation of the Teskey Ala-Too ridge and to prove the representativeness of the monitoring data of the Kara-Batkak glacier for the cryosphere of the eastern part of the Northern Tien Shan.

Research methods: physical-geographical, glaciological, cryospheric, remote sensing, ground-based, monitoring, snow-measuring, ablative, hydrological, meteorological, temperature.

Results: 1. Cryosphere monitoring has established high and uneven rates of reduction in the area of glaciers and a decrease in their surface level as evidence of the warming conditions of a changing climate using the example of glaciation of the Teskey Ala-Too ridge. 2. Patterns of variability in the spatio-temporal characteristics of the reduction of glaciation since the beginning of the Little Ice Age have been identified, which consists of an increase in the rate of their degradation over the past 50 years and their steady retreat using the example of glaciers of the Teskey Ala-Too ridge. 3. Increases in average annual and summer surface air temperatures have been identified leading to an increase in average annual water flow rates in watercourses due to the relationship of accumulation with increased ablation and loss of mass balance in the volume of glaciers located in the Chon-Kyzyl-Suu river basin.

Recommendations for use: Innovations were obtained by digging and clearing thermal erosion outcrops of the moraine-glacial complex through field research, reserved rock glaciers were identified on the Teskey Ala-Too ridge, preliminary assessments of the water content of which indicate their significant role in feeding river flow using the example of the Kara-Batkak glacier.

Scope of application: Glaciology, water resources, land hydrology, hydrochemistry, for safe water supply in conditions of climate change in Kyrgyzstan and transboundary countries of Central Asia