

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ**

**Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР  
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)

**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 ГУ «Институт гидрогеологии и инженерной геологии», в режиме онлайн, 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](mailto:elita_kg@mail.ru); г. Ташкент, Мирзо Улугбекский район, улица Олимлар, 64, e-mail: [info@uzgeouniver.uz](mailto:info@uzgeouniver.uz); телефон: +998 (71) 256-13-49 и на сайтах <http://www.vak.kg>; [http://iwp.kg/index:php/dissertatsionnyj-sovet](http://iwp.kg/index.php/dissertatsionnyj-sovet).

Автореферат разослан

2024 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета к. г-м. н.

Э.Э. Атыкенова

**Актуальность темы исследования.** Ледники в горах Тянь-Шаня и Памиро-Алая, Кавказа и Альп катастрофически быстро сокращаются в размерах. По данным гляциологов за последние 50 лет горные ледники сократились на 30-40%. Наличие ледников в горах крайне необходима для орошения, обеспечения хозяйственных нужд и энергоснабжения, а пресная вода, используется для питьевых целей. Законсервированная в ледниках в твердой фазе вода, является важнейшим природным богатством и главным ресурсом национальной экономики и важным компонентом решения различных жизненно важных социальных нужд, а при оттаивании питает реки и подземные воды, т.е. в комплексе относится к актуальным задачам требующим исследований водных ресурсов, гидрологии суши и гидрохимии, включая современную гляциологию. Процессы глобального потепления климата имеют планетарный и региональный характер воздействия на население и территории государств, особенно весьма чувствительных горных и пустынных геосистем, 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, исследование которой относится к актуальнейшей теме.

**Связь работы с государственными научными программами:** Национальная программа развития Кыргызской Республики до 2026 года, направленная на улучшение благосостояния граждан, разработана в рамках Национальной стратегии развития Кыргызской Республики до 2040 года с сохранением принципа преемственности на основе долгосрочных стратегических целей развития страны с ориентацией на человека и акцентом на основополагающее обязательство «не оставить никого позади» Целей устойчивого развития (ЦУР). Во исполнение Закона Кыргызской Республики "О ледниках» постановление ЖК от 23 апреля 2014 года № 3991-V.

**Объект исследований:** криосфера приповерхностной части земной коры территории Северного Кыргызстана

**Предмет исследований:** деградация оледенения, процессы абляции объема ледников, условия изменения климата

**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 и обобщить имеющиеся материалы по криосферным гидрометеорологическим и гляциологическим характеристикам хребта Тескей Ала-Тоо и леднику Кара-Баткак.

2. Восполнить имеющиеся данные и восстановить недостающие прерванные ряды наблюдений для установления характеристик динамики изменений климата и оледенения на хребте Тескей Ала-Тоо.

3. Выполнить комплексный и детальный анализ пространственно-временных изменений характеристик ледников исследуемого района с середины XX века и до настоящего времени, используя историческую информацию, аэрофотоснимки, космические снимки, топографические карты разных лет съемки, а также карты поверхности ледников полученные с помощью беспилотных летающих аппаратов – Дрона.

4. Внедрить эффективные методологии и определить среднюю величину понижения высоты поверхности репрезентативных ледников на хребте Тескей Ала-Тоо за последнее половину столетия.

5. Адаптировать метод радиозондирования и измерить объемы расположенных на различных экспозициях склонов 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 реконструкции баланс массы репрезентативных ледников;

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

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

10. Осуществить анализ многолетнего мониторинга и оценить темпы деградации опорного ледника Кара-Баткак в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу.

11. Установить роль и влияние современных изменений климата и осуществить прогноз деградации оледенения на хребте Тескей Ала-Тоо.

### **Научная новизна полученных результатов.**

1. Впервые на основе детального изучения более полустолетней истории развития и эволюции оледенения хребта Тескей Ала-Тоо идентифицированы с использованием дистанционного зондирования и наземных наблюдений сравнительным анализом тренды их деградации.

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

### **Практическая значимость результатов.**

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

2. Научно-практические достижения рекомендованы при разработке народнохозяйственных проектов по рациональному использованию природных ресурсов Иссык-Кульской области.

3. Результаты работы изданные в коллективной монографии используются при чтении специальных курсов лекций и практических занятий в Вузе.

**Экономическая значимость работы** выражается в прямом решении социальных проблем обеспечения населения ресурсами питьевой воды источником которых являются погребенные каменные глетчеры.

#### **Основные защищаемые положения:**

1. Установленные с использованием новейших технологий мониторинга 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. 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. Выявленные инструментальными измерениями устойчивые тренды 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.

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

5. Внедренные результаты исследований посвященные оценкам деградации оледенений в условиях изменения климата, которые были апробированы в престижных международных конференциях и симпозиумах, на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак, в рейтинговых журналах СКОПУС, Веб Оф Сайнс и РИНЦ с общей оценкой 300 баллов.

#### **Материалы, используемые в работе, и личный вклад автора**

Автором освоены были и использованы методы дешифрирования ледников с помощью аэрофото-и космических снимков. Принимал участие и руководил много лет наземными обследованиями аккумуляции и абляции ледника Кара-Баткак. Проводил полевые измерения уровня и расхода воды в реках Кашка-Тор, Чон-Кызыл-Суу. Рассчитывал баланс массы ледников в т.ч. Кара-Баткак. Участвовал в полевых исследованиях абляции забронированных ледников. Освоил методы статистической обработкой метеорологической информации, создавал цифровые модели рельефа по данным топокарт и SRTM, обрабатывал данные аэрофото- и космических снимков Sentinel, Landsat и составлял основы новых карт и дешифрировал границы ледников и моренных комплексов.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения диссертации озвучены автором в докладах на следующих научно-практических конференциях и семинарах: «Международный семинар по

изменениям снежного покрова и его моделированию в Северной Евразии» Университет Хироаки, Япония 19-21 февраля 2020; 5-й Международный семинар по метеорологической науке и технологиям в Центральной Азии 14-16 октября 2019 г. Нанкин Китай; Международный учебно-практический семинар 28-30 сентября 2019 г., Дакка, Бангладеш; Международный учебно-практический семинар “Technology Application for Disaster Risk Reduction(DRR) in Central Asia” г. Ченду, Китай 9 - 24 июля 2018; Международный семинар, посвященного Всемирному дню воды и Международному 10-летию 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 марта 2019 г.

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях:**  
опубликовано более 25 статей, в т.ч. 1 коллективная монография.

**Структура и объем диссертации:** стр. 136; Рисунок 68; таблица 16; литература, 144

**Автор благодарит** за ценные советы и методологическое содействие, научных руководителей академика НАН КР и РТ Маматканова Д.М и д.г.н. Чонтоева Д.Т. а также сотрудников ТВНЦ и ИВП и ГЭ НАН КР оказавших помощь в проведении полевых работ и поддержку при сборе данных и обработке материалов с использованием ГИС.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обоснована актуальность темы, определены объект и предмет исследований, цель и задачи; сформулированы основные защищаемые положения, практическая и экономическая значимость полученных результатов и изложена структура диссертации.

**Первое защищаемое положение.** Установленные с использованием новейших технологий мониторинга 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

В диссертационной работе осуществлена проверка, дополнение, уточнение КАТАЛОГА ЛЕНДНИКОВ на примере оледенения хребта Тескей Ала-Тоо и репрезентативного ледника Кара-Баткак (Рис.1).

Исследования автором темпов деградации ледников были проведены с использованием космических снимков Ландсат более крупного масштаба в сравнении с данными полевых измерений сокращения площади оледенения в бассейне реки Чон-Кызылсуу и ледника Кара-Баткак. По данным фототеодолитной съёмки 1948 года (М.И.Ивероновой, 1948) площадь ледника Кара-Баткак составило 4,70 км<sup>2</sup>, а к 1964 году она уменьшилось 4,58 км<sup>2</sup>, что ежегодное уменьшение составило 0,16% в год. По каталогу ледников СССР 1976 года площадь ледника составляет 4,5 км<sup>2</sup>, что уменьшилось 0,16% в год период 1964-1975 гг. В 1981 площадь ледника

составляет 3,0 км<sup>2</sup>, что значительно уменьшилось относительно к 1975 года. Предполагается, в суммарную площадь предыдущих съемках ледника могли войти участки погребённого мёртвого льда и забронированные участки ледника покрытых рыхлообломочным материалом, что привели к преувеличение размеров ледника. По нашим данным (автора Эрменбаева Б.О.) площадь ледник Кара-Баткак 2019 г. составило - 2,4 м<sup>2</sup>, что уменьшилось 0,52 % в год период 1981-2019 гг.

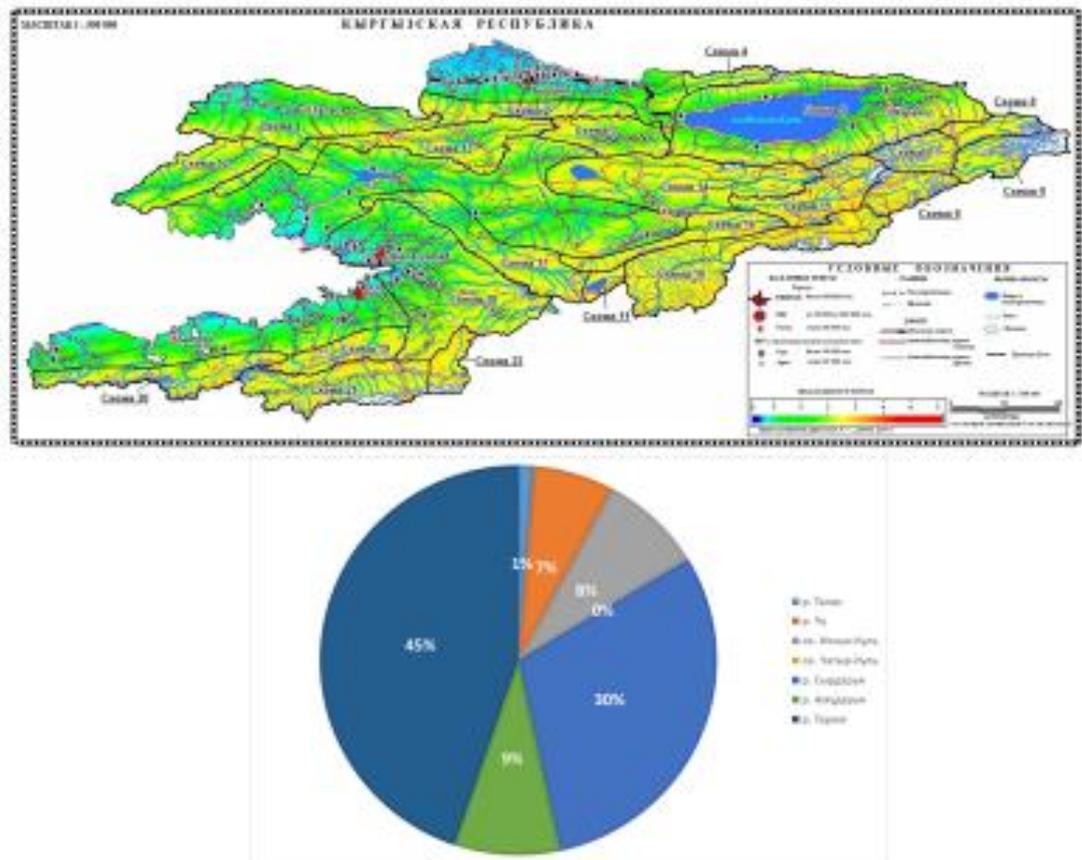


Рисунок. 1. Карта –схема типизации оледенения и диаграмма величины оледененности в Каталоге ледников Кыргызстана (ЦАИИЗ, 2016)

**В первой главе** Представлены гляциологический изученность территории хр. Тескей Ала-Тоо, а также репрезентативного бассейна реки Чон-Кызыл-Суу в ранее опубликованном данным (Рис.2).

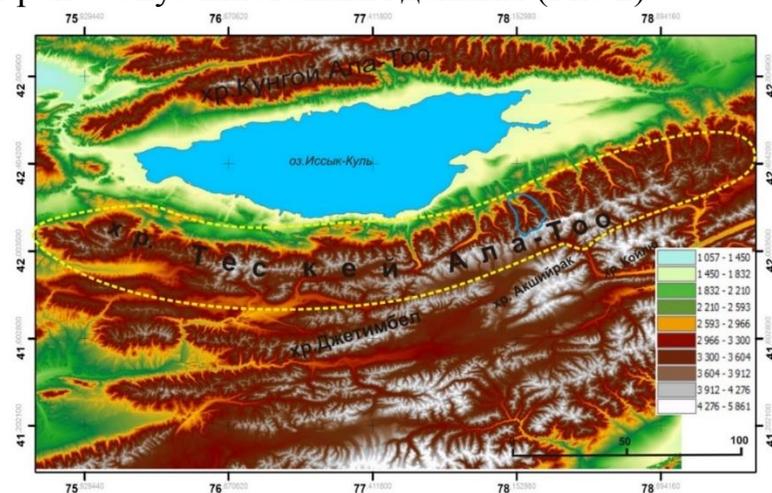


Рисунок.2. Космический снимок рельефа с выделенной на хребте Тескей Ала-Тоо высотной зоной исследований криосферы Тянь-Шаня

Проанализированы метеоусловий исследуемого района. Проанализированы условия таяние снежных покров, поступление талых вод на водосбор зависимости от высотного положения границ снеготаяния (верхней и нижней) и интенсивности таяния.

**Второе защищаемое положение.** 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.

**Во второй главе** изложены методы комплексных исследований оледенений хр. Тескей Ала-Тоо, опорного ледника Кара-Баткак и, оценки влияния климатических изменения на деградацию ледников. Комплексные гляциологические и гидрометеорологические исследования в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу, позволяют изучить процессы формирования стока с ледника Кара-Баткак и определить генетические составляющие стока.

Главной задачей гляциологических исследований, является оценка баланс массы ледника, т.е. величины алгебраической разности между суммарным приходом вещества (аккумуляция) к началу таяния (май м-ц), и суммарным расходом (абляция), после окончания таяния (сентябрь м-ц).

Продолжительность периодов аккумуляции и таяния на леднике и их границы определялись по данным температуры воздуха по МС Кара-Баткак и Чон-Кызыл-Суу. Начало периода абляции снега есть дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C на нижней границе ледника. Метеорологические наблюдения выполнялись на леднике Кара-Баткак и на гидрометеостанции (ГМС) Чон-Кызыл-Суу (высота 2550 м). Наблюдения выполнялись параллельно с помощью суточных самописцев температуры и влажности воздуха (традиционным методом) и с помощью автоматических метеостанций (АМС).

Выявлена тесная взаимосвязь корреляции среднемесячной температуры воздуха на этой ГМС, полученной с помощью АМС и барабанного самописца: коэффициент корреляции равен 0,97. Для установления связи среднемесячных температур воздуха, полученных на ГМС Чон-Кызыл-Суу с помощью АМС и суточных самописцев, был выбран период наблюдений с 2013 по 2016 г. – период, когда наблюдения за температурой воздуха велись без перерыва.

С помощью аэрофото- и космоснимков дешифрованы были и выявлена методом дистанционного зондирования (ДЗЗ) оценка темпов деградации ледников. В работе использован был набор снимков различных годов мониторинговых дистанционных съемочных систем:

1) аэрофотоснимки в цифровом формате TIFF высокого разрешения, охватывающие период с 1967, 1977, 1988 гг.;

2) топографические карты масштаба 1:25000 для восточной части хр. Теркей Ала-Тоо по состоянию на 1977г.;

3) космические снимки Landsat 1-5 1977 г, Landsat -5 1990 -2006 г., Landsat-7 1999-2000 гг., Landsat-8 2019 г, Skysat-2018 г., Sentinel-2 2019, 2020 г, SRTM DEM 2014 г. полученные с сайта Геологической Службы США USGS - <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

При этом в работе использовались отобранные спутниковые изображения на период максимума абляции и минимума облачности.

**Третье защищаемое положение.** Выявленные инструментальными измерениями устойчивые тренды 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.

**В третьей главе** приведены результаты инструментальных наблюдений автора осуществленных за 2013-2021 гг. и их сравнительная оценка с данными аналогичных наблюдений за прошлые годы, чтобы установить изменение детерминирующих метеорологических параметров (температуры, осадков) и компонентов внешнего массо-энерго-обмена ледника. Полученные результаты оценки деградации ледника Кара-Баткак были сопоставлены с характеристиками других опорных ледников исследуемой территории. Измерения накопления снега на леднике проводились два раза в год – на пике снегонакопления (май месяц) и на спаде (октябрь месяц). По результатам накопления снеготазов, рассчитанных в водном эквиваленте в период 2014-2021 гг. можно сделать вывод о значительной вариации этой величины от 273 мм (2014 г.) до 594 мм (2017 г.) при среднем значении 440 мм. Рассчитанная величина снеготазов тесно коррелирует с данными стока (величина расходов воды) в гидростворе Кашка-Тор на истоке реки. Запас воды в снеге определяет величину снегового питания (снеговой паводок) реки, который приходится на июнь (частично на конец мая и начало июля) в зависимости от метеоусловий каждого конкретного года.

#### ***Высота фирновой линии (зоны).***

Определение высоты фирновой линии проводилось методом Гесса на карте, а также путем непосредственного измерения на местности.

При теплом сухом лете она поднимается выше, при холодном – опускается. Амплитуда колебания высоты сравнительно значительная и зависимости от степени увлажненности и температурного режима конкретного года.

На графике выделены годы двух периодов динамики фирновой линии: 1957-1968 и 2015-2021 гг (рис.3). В первом периоде средняя многолетняя высота фирновой линии равна 3770 м., амплитуда колебания высоты– 290 м; во втором - средняя высота - 4000 м., амплитуда колебания – 160 м., средняя высота возросла на 230 м, а амплитуда колебания уменьшилась на 130 м.

Эти данные являются одним из доказательств повышения температуры воздуха в высокогорной зоне, т.е. потепление климата и сокращение оледенения (Рис.3).

Приведены результаты суммарной абляции на языковой части ледника по всей его поверхности за период наблюдений 2013 -2021 гг (рис.3).

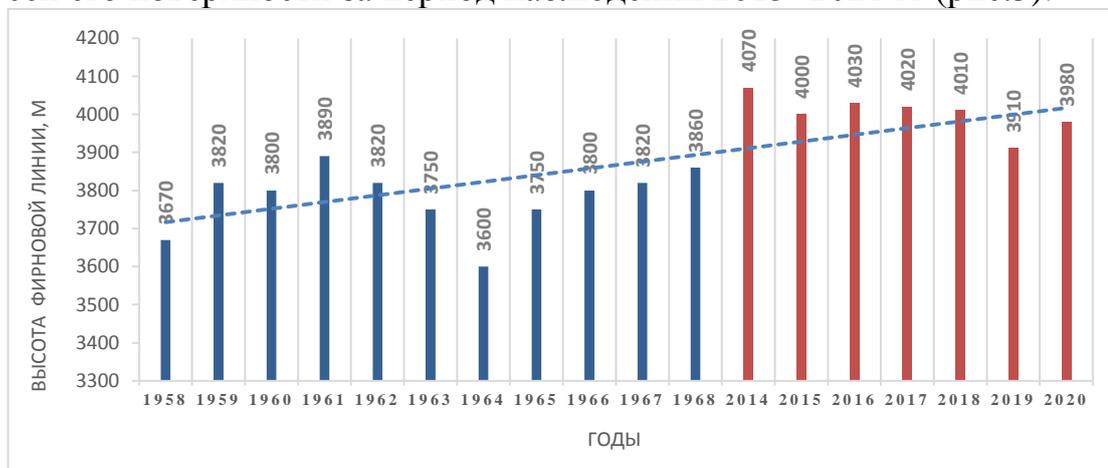


Рисунок.3. График изменений и увеличения фирновой линии ледника Кара-Баткак.

Проанализированы зависимость абляции от температуры воздуха. Выявлены тесные связи количество продолжительности дней сезона абляции с таянием ледника (рис.4).

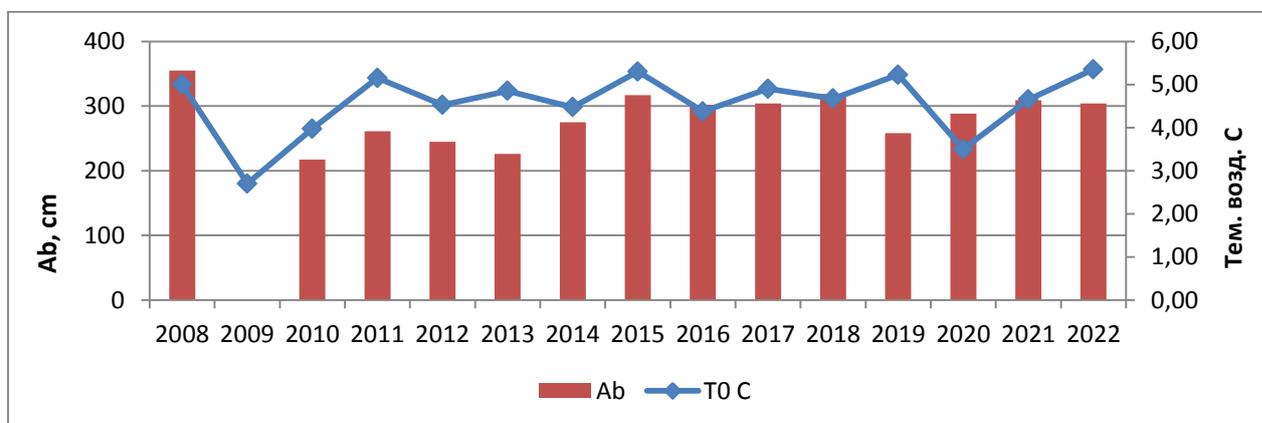


Рисунок 4. Гистограмма абляция ледника Кара-Баткак и мониторинга изменения температура воздуха за период 2008-2022гг.

**Забронированный ледник.** Полевые прикладные исследования позволили выявить с помощью способов шурфования и зачистки термоабразионных обнажений моренно-ледникового комплекса наличия множества забронированных каменных глетчеров сопряженных с деградирующими ледниками хр. Тескей Ала-Тоо и провести предварительные оценки их роли в формировании стока рек на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак. По результатам проходки шурфов на поверхностной морене и с ориентацией на разновозрастные морфологически выраженные стадияльные морены составлена карта

предварительно определенной толщины моренного чехла на языковой части МЛК Кара-Баткак (рис.5).

**Баланс массы ледника.** По динамике изменения баланса массы ледника Кара-Баткак установлена тенденция сокращения оледенения в условиях происходящего глобального потепления климата. Для сравнения с другими ледниками к качеству опорных взяты ледники Сары-Тор, Борду (массив Акшийрак). Результаты определения баланса массы опорных ледников отправляются в глобальную базу данных Всемирной службы мониторинга ледников (WGMS.Цюрих, Швейцария).

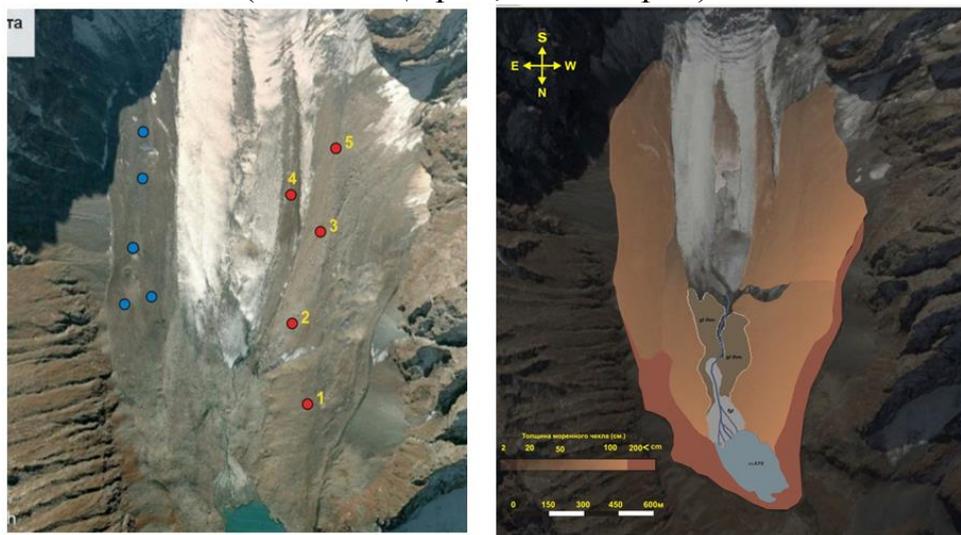


Рисунок. 5. Космоснимок с выделением красным и синим цветом местоположения выкапывания шурфов и установки абляционных рек для выявления мощности моренного чехла и скорости таяния льда под мореной (слева). Толщина моренного чехла на заморененных участках МЛК Кара-Баткак, выделены разной тональностью коричневого цвета показана толщина моренного чехла (справа).

Выявлены скорость таяние забронированного ледника зависимости от мощности моренного чехла (рис.6).



Рисунок. 6. Гистограмма суммарной абляции на забронированных и открытых участках ледника (Синий цвет - абляция на открытых участках, оранжевый- на заморененных участках).

После восстановления серии гляциологических наблюдений за период наблюдений (2013-2021 гг.) баланс массы ледника Кара-Баткак имел отрицательные значения (рис. 7).

1956/57-1997/98, 2013/14-2020/21 гг. - фактические измерения; 1998/99-2012/13 гг. – восстановленные данные (реконструкция Губанова А.С., 2019).

Отрицательная тенденция тренда отмечается во все годы, исключение составляют пять лет с положительным бюджетом ледника: 1957/58, 1963/64, 1966/67, 1970/71 и 1971/72 гг.

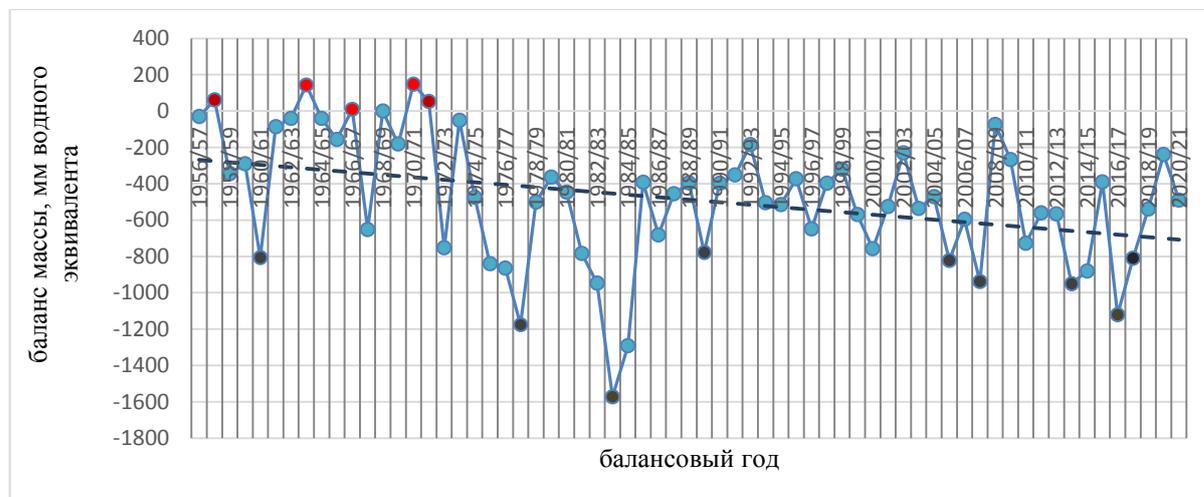


Рисунок. 7. Тренд значений баланса массы ледника Кара-Баткак (1957-2021 гг.):

После 1972 г. в течение последующих 60 лет бюджет ледника Кара-Баткак был отрицательным, расход превышал приход на 86 млн. м<sup>3</sup>, что в слое стока с поверхности ледника составляет 28870 мм (28,87 м). В течение этого периода кумулята (тренд) баланса массы направлена вниз, т.е. с 70-х годов XX века отрицательная динамика отражает сокращение (деградацию) ледника, причем эта тенденция имеет постоянный характер. Выявлены тесные связь баланса массы с абляцией ледника Кара-Баткак.

**Четвертое защищаемое положение.** Прикладные инновации полученные с помощью шурфования и зачистки термоэрозийных обнажений моренно-ледникового комплекса полевыми исследованиями, позволившие выявить наличие забронированных каменных глетчеров, сопряженных с деградирующими ледниками хребта Тескей Ала-Тоо, предварительные оценки которых указывают на значительную их роль в питании стока рек на примере репрезентативного ледника Кара-Баткак.

**В четвертой главе.** Представлены динамика оледенения всего хребта Тескей Ала-Тоо с методом дистанционного зондирования (ДЗ). Подробно проанализированы оледенения репрезентативного бассейна реки Чон-Кызыл-Суу. Линейное отступление ледников. Для сравнения приведены сравнительный анализ современные эволюция репрезентативных ледников на других хребтах Тянь-Шаня.

По данным дешифрирования в 1999 г. количество ледников составляло 1103 общей площадью 983 км<sup>2</sup>; в 2019 г. количество возросло до 1107, но общая площадь уменьшилась на 106 км<sup>2</sup> (10,7%) и составила 877 км<sup>2</sup>. (рис. 8). Причина увеличения количества ледников, по-видимому, заключается в распаде небольших ледников на более мелкие, а сокращение площади - за счет полного исчезновения ледников площадью <1 км<sup>2</sup>

Ввиду ускоренного сокращения малых ледников их общая площадь уменьшилась на 15 %, а площадь ледников более 1,0 км<sup>2</sup> - на 9%

Наиболее значительное сокращение произошло у небольших ледников площадью менее 5 км<sup>2</sup>. Ледники южного склона хребта сокращаются более интенсивно, чем северного. Для 11 ледников южного склона хребта в период 1965-2019 гг. площадь сократилась в пределах 9-25 % от первоначальной общей площади, в зависимости от размеров, наибольшее сокращение до 25% отмечено на ледниках площадью менее 5 км<sup>2</sup> [7].

Проведена типизация ледников хр.Тескей Ала-Тоо и установлено, что существенному сокращению площади ледников, подвергается ледники карово-долинного типа (рис. 9).

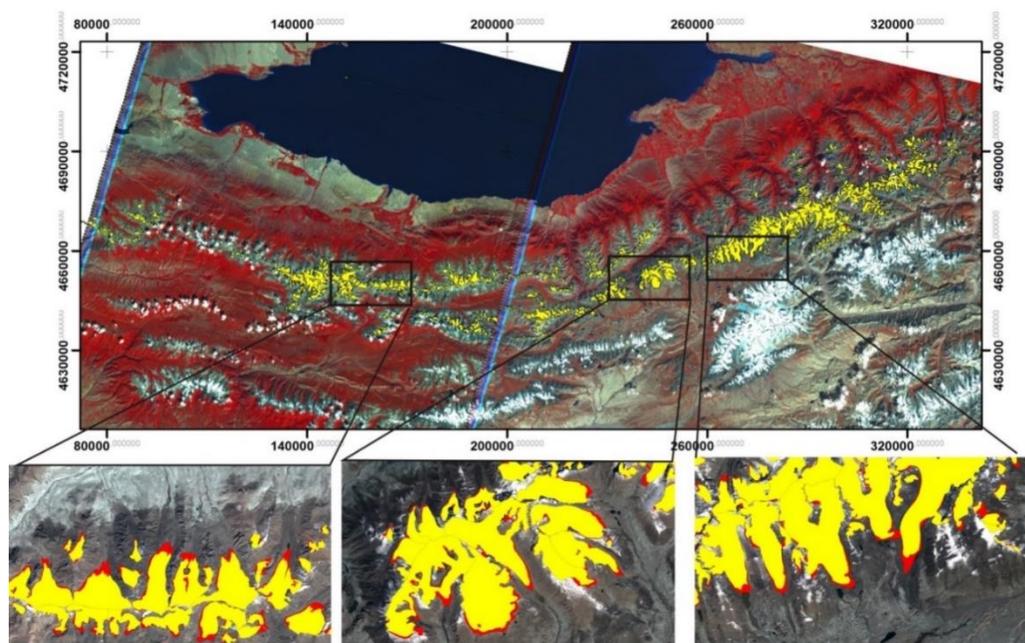


Рисунок. 8. Космоснимки изменения размеров ледников: красный цвет на увеличенных снимках - положение (границы)на период 1999 г.; желтый - в 2019 г.

Отступление ледников установлено с использованием информации о ледниках и их эволюции, а также топоосновы прошлых лет и космоснимков.

Наибольший объем информации по данному вопросу был собран по репрезентативному леднику Кара-Баткак, где ежегодное его отступление по северному склонусоставляет 8 м/год, а по ледникуюжному- 11 м/год [7].

Линейное отступление языка ледника Кара-Баткак в период с 1967 по 2018 год составило 438 метров, В период с 1967 по 1977 год ледник отступил на 60 метров, что соответствует скорости отступления 6 метров в год.

В период с 1977 по 1990 год ледник отступил на 73 м., скорость отступления - 5,6 м., в год. С 1990 по 1996 год на 46 м., скорость отступления - 7,3 м., в год. С 1996 по 2006 год ледник на 75 м., скорость отступления - 7,5 метров в год. С 2006 по 2017 гг. ледник отступил на 88 м., скорость отступления - 8,0 м., в год.

В целом, ежегодное отступление увеличилось с 5,6 м до 8 м., особенно это активизировалось в последние 20 лет, а площадь ледника Кара-Баткак в

период наблюдений 1977-2018 гг. сократилась на 0,8 км<sup>2</sup> или на 22 % от общей первоначальной его площади (рис 10; таб.1).

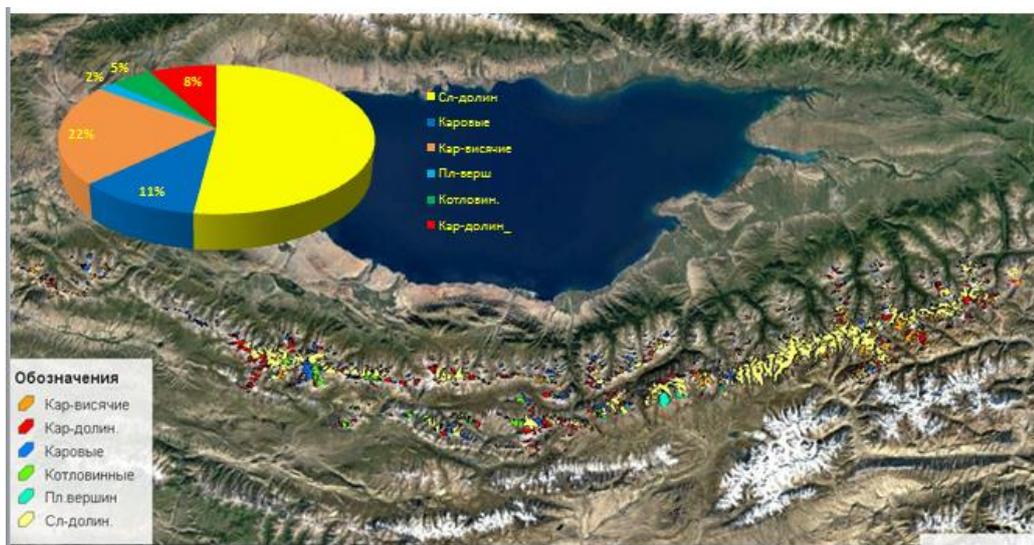


Рисунок. 9. Типы ледников хребта Тескей Ала-Тоо (по цветам выделены типы ледников).

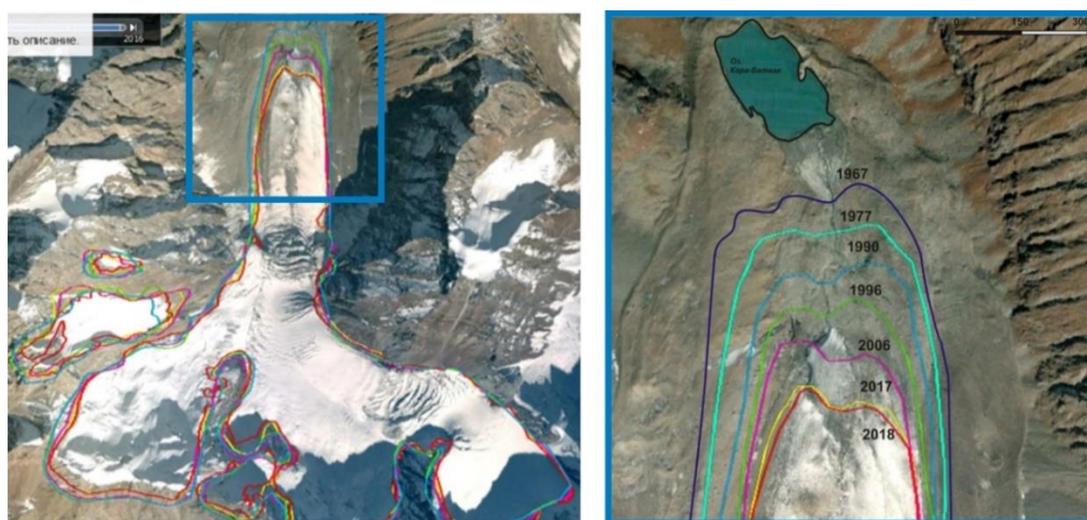


Рисунок. 10. Линейное отступление языка ледника Кара-Баткак в разные годы (1967-2018 г).

Таблица 1. Изменение площади ледника Кара-Баткак период 1967 по 2018 гг., км<sup>2</sup>

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
<b>3,2</b>	<b>3</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>0,8 (22%)</b>

Для сравнения определена линейное отступления ледника Адыгене (бассейн Ала-Арча, Кыргызский хребет). По сравнению Кара-Баткак ледник Адыгене

в 2 раза быстрее отступает (рис. 15). В период 1960-2017 гг. ледник Адыгене отступил на 900 метров, что составляет 15.8 м., в год [11].

По нашим данным дешифрирование 1977 по 2022 гг. ледник Адыгене в среднем отступил 218 м., что составило 11 м., в год. Площадь ледника Адыгене период 1977-2022 гг. сократилось 20%.

*Ледниковый сток* складывается из воды, образующейся вследствие таяние ледника, поверхностного, внутри- и подледникового стока ледников. Стационарным полигоном наблюдений служил 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 в конце мая - начале июня, и тогда начинается процесс таяния сезонного снега на леднике (снеговой паводок), который фиксируется на гидрологическом посту «исток» измерением расходов воды. После схода сезонного снега (по средним срокам это первая декада июля) и открытия ледника начинается второй паводок – ледниковый, сформированный талым стоком с ледника.

На рис. 11 приведены гидрографы среднесуточных расходов воды по гидропосту Кашка-Тор-исток за 3 характерных года – многоводный, средний и маловодный, и методом расчленения выделены генетические составляющие стока – снеговое и ледниковое питание [2].

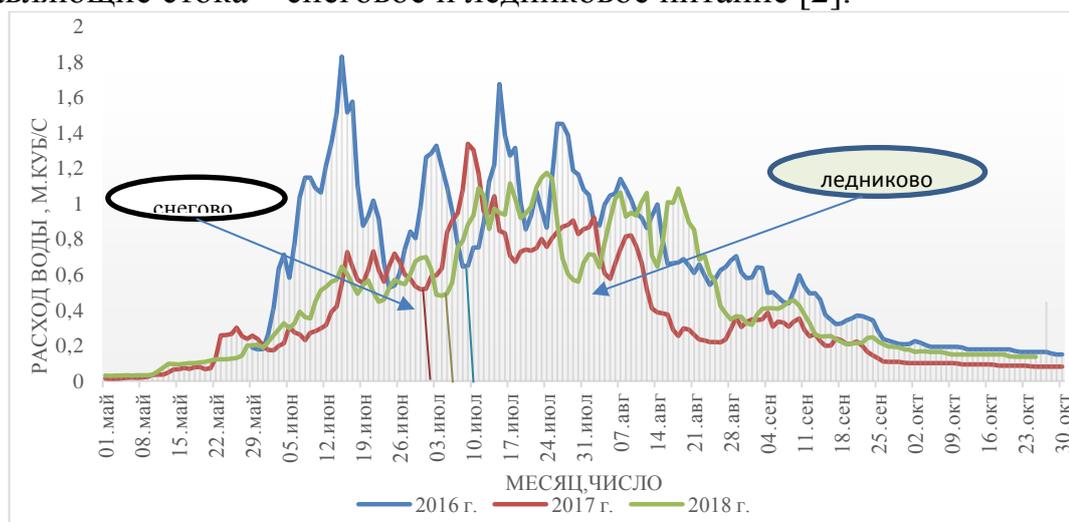


Рисунок 11. Гидрографы среднесуточных расходов воды в р. Кашка-Тор за годы: 2016 – многоводный, 2017 – средний, 2018 – маловодный.

На гидрографах стока выделен период снегового таяния (до открытия ледника) – с 1 июня по 3-13 июля. В этот период на гидрографе отмечены пики снегового стока. На гидрографах отмечается резкий спад, связанный с истощением снегозапасов на леднике и с 4-14 июля (в зависимости от метеоусловий года) с повышением температуры воздуха начинается постепенный подъем стока, обусловленный таянием ледника (ледниковый сток), по данным снегосъемок язык ледника в это время уже открыт [2].

Период ледникового паводка составляет 73-86 дней, а весь период таяния в среднем 122 дня. Сток в сентябре обеспечивается не только талыми водами (повышение температуры сентября продлило период таяния), но и

водами, аккумулярованными ледником и моренами в течение всего паводкового периода. Максимальная водоносность рек ледниково-снегового питания отмечается в июле, в отдельные годы наблюдается и в августе. В паводковый период спад на гидрографе стока связан с понижением температуры воздуха и, как правило, выпадением осадков [1, 2].

Поскольку коэффициент стока летних осадков в теплый период равен 1,0, т.е. практически все выпавшие осадки участвуют в формировании стока и которые учтены как дождевое питание [2]. При расчете слоя стока снегового и дождевого питания учитывалась вся площадь водосбора - 7,53 км<sup>2</sup>, а при расчете ледникового стока – площадь ледника без забронированной его части – 2,5 км<sup>2</sup>. Результаты расчеты источников питания по генетическому расчленению гидрографа стока на гидропосту Кашка-Тор-исток (2013-2017) гг. следующие [2]: сезонная снеговая - от 25% до 40% (среднее многолетнее - 31%); ледниковая - от 52% до 72% (при среднем - 64%); дождевая - от 3% до 8% (при среднем - 5%).

**Пятое защищаемое положение.** Внедренные результаты исследований посвященные оценкам деградации оледенений в условиях изменения климата, которые были апробированы в престижных международных конференциях и симпозиумах, на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо и ледника Кара-Баткак, в рейтинговых журналах СКОПУС, Веб Оф Сайнс и РИНЦ с общей оценкой 300 баллов. Обоснование 5-го защищаемого положения приведены в списке научных трудов которые представлены одной коллективной монографией и соответствующими 25 публикациями.

### **Заключение**

1. Получены новые результаты инструментальных исследований с использованием новейших технологий и различных современных методов измерения характеристик изменения климата, динамики криосферных, гляциологических, физико-географических условий, что позволили получить высокоточные оценки трендов более полувековой эволюции оледенения хребта Тескей Ала-Тоо и на примере ключевого ледника Кара-Баткак.

2. По результатам прямых наблюдений и измерений произведен расчёт баланса массы  $bn$  опорных ледников Кара-Баткак, Сары-Тор и Борду за 2015/16-2017/18 балансовые годы. В 2020/21 году баланс массы ледника Кара-Баткака составил -490 мм вод.экв. Для ледника Сары-Тора баланс масс получен расчетным путем и составил -410 мм вод.экв., что позволило довести количество прямых наблюдений до 12 лет и увеличить точность выполненной ранее реконструкции. Для ледника Борду получена шестая по хронологии наблюдений значение баланса массы  $bn$ : которая составила величину -650 мм вод.экв.

3. По модернизированной принятой ныне методике стратиграфической STR отчётной системы ("зимний" и "летний" балансы) оценки баланса массы опорного ледника Кара-Баткак установлена с времени наблюдений за деградацией с 1956 с по 2018 гг. Объем ледника за этот период времени 62 года уменьшился на 86 млн. м<sup>3</sup>, что эквивалентно 30 м слоя стока со всей

поверхности. Площадь открытой части ледника Кара-Баткак с 1981 по 2018 гг. сократилась на 17%, а фирновая линия поднялась с абсолютных высот 3600-3900 м на более чем 4000 метра высоты.

4. Наряду с классическими характеристиками изменчивости ледников, проведены оценки эволюции площадных размеров и конфигурации геометрических параметров оледенений хребта Терской Ала-Тоо, что служит дополнением к масс-балансовым 141 наблюдениям на ледниках.

5. Полученные данные об изменениях оледенения хребта Терской Ала-Тоо за последние полвека подтверждают усиливающийся в последние десятилетия распад оледенения Тянь-Шаня, что происходит в связи с глобальным потеплением климата.

6. Темпы сокращения ледников южной и северной экспозиций хребта Терской Ала-Тоо имеют различия. В процентном соотношении за период 1999-2019 год сокращение ледников северной экспозиции хребта Терской Ала-Тоо составило 11%, а у ледники южного склона на 9%, что связано с различием интенсивности поступающей на склоны солнечной радиации.

7. Ледники северного склона хребта Терской Ала-Тоо сосредоточены в интервале высот от 3000 до 5000 м. Но большая их часть 95% приходится на высотный интервал 3300-4500 м. Ледники южного склона хребта Терской Ала-Тоо находятся в высотном интервале 3900-4600 м.

8. Крупные основные ледники расположены на южной склоне хр. Терской Ала-Тоо, они подвергается меньше сокращению, чем ледники северного склона имеющие сравнительно меньшие размеры.

9. Наблюдается тенденция к усилению темпов отступления ледника Кара-Баткак начиная с середины 60-х годов прошлого столетия и, к настоящему времени площадь всего оледенения бассейна реки Чон-Кызыл-Суу и репрезентативного ледника Кара-Баткак уменьшились на 25%.

10. Полученные результаты исследований на примере ледников хребта Терской Ала-Тоо по их трендам интенсивного отступления за последние десятилетия, есть доказанная научно тенденция процесса их деградации, что является реальной угрозой для населения Кыргызстана и трансграничных стран Средней и Центральной Азии, где водные и гидроэнергетические ресурсы тесно взаимосвязаны с горным оледенением, и в будущем формируется водно-энергетическая катастрофа.

11. Рекомендуется продолжить комплекс мониторинговых исследований оледенений в Кыргызстане, и трансграничных государствах Средней и Центральной Азии для построения моделей предупреждения георисков и прогнозов опасных криосферных изменений на ледниках.

12. Полученные данные динамики сокращения оледенения согласуются с прогнозами многих видных гляциологов о том, что при сохраняющейся тенденции и темпах роста температуры воздуха, к 2050 г. оледенение сократится до минимума, а на отдельных хребтах исчезнет полностью, при этом к 2100 г. оледенение сократится до критического состояние.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

## А. Монографии

1. Эрменбаев Б.О. 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, Hu Rugi. Б.: Нур-Ас, 2014. 524 с.
2. Эрменбаев Б.О. 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

#### **Б. Статьи в тематических сборниках**

#### **и периодических изданиях, рекомендованных НАК КР**

13. Маматканов Д.М., Эрменбаев Б.О. Высокогорные озера бассейн реки Тон Иссык-Кульской области и оценка их прорывоопасности. Известия НАН. КР. №3. 2010, С. 45-48

14. Ерохин С. А., Эрменбаев Б.О. Скорости линейного отступления и факторы регресса горно-долинных ледников Тянь-Шаня. 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» 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. Сборника научно-практической конференции молодых ученых Кыргызстана. «Старт в большую науку» 5-6 ноябрь 2013 г. стр. 56-57.

17. Ерохин С. А., Эрменбаев Б.О. Классификация и оценка озер по степени прорывоопасности». Монография: Влияние изменения климата на горную экосистему Тянь-Шаня. Изд. «НУР-АС», 2014, С. 85-99. Бишкек. 2014

18. Бажанова Л.В., Эрменбаев Б.О. Изменение климата и водные проблемы Кыргызстана (на примере внутреннего Иссык-Кульского бассейна). «Водные ресурсы Центральной Азии» Париж, Франция, Том 25. 2015, С. 59-74

19. Бажанова Л.В., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О. Динамика оледенения в условиях современного изменения климата на примере ледника Кара-Баткак, хребет Тескей Ала-Тоо. 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. Известия ОшГУ № 1, Часть 1, 2018, С. 141-148
21. Шатравин В.И., Маматканов Д.М., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О., Ваткинс Д. Ледовые ресурсы Тянь-Шаня в забронированных ледниках. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 3, 2018, С. 110-114
22. Эрменбаев Б.О. Современные тенденции баланса массы ледника Кара-Баткак. 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., Маматканов Д.М., Сатылканов Р.А., Поповнин В., Изменение подходов к расчету баланса массы ледников внутреннего Тянь-Шаня. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Б.О. Эрменбаев № 4, 2019, С.190-194
25. Шатравин В.И., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О. Пространственное прогнозирование селевой опасности на основе фациально-литологических особенностей селеформирующих отложений. 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, Филипп Хейбрехтс, Йонас Ван Бридам, Йоханнес Й. Фюрст, Олег Рыбак, Рысбек Сатылканов, Бакыт Эрменбаев, Виктор Поповнин, Робби Нейнс, Хлоя Мари Пейс и Филипп Мальц. Измерение и определение толщины льда распространение четырех ледников на Тянь-Шане, Кыргызстан. 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., Чонтоев Д.Т., Саякбаев Д.Д. Современная эволюция ледников хребта Тескей Ала-Тоо за последний 50 лет. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 4, 2021, С. 39-43.
29. Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Сатылканов Р.А. Современная эволюция оледенений хребта Тескей Ала-Тоо и их влияние стока рек. 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 трансгегаралык өлкөлөрүндө климаттын өзгөрүшүнүн шарттарында коопсуз суу менен камсыз кылуу үчүн

## РЕЗЮМЕ

диссертации **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, криосферные, 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