Грант **№ 42/2022-И**

«Изображения ледников как документальная летопись изменений климата».

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ
(01.07.2022 г. – 01.07.2023 г.)

Москва, 2023

Руководитель проекта – академик Котляков В.М., д.г.н.

Исполнители:

- Глазовский А.Ф., в.н.с., к.г.н.
- Муравьев А.Я., м.н.с., к.г.н.
- Никитин С.А., гл. спец., к.ф-м.н.
- Носенко Г.А., в.н.с., к.г.н.
- Хромова Т.Е., в.н.с., к.г.н.

Цель проекта

Происходящие в настоящее время изменения климата и связанные с ними изменения в окружающей среде привлекают пристальное внимание и учёных, и широкой общественности. Один из самых чувствительных и видимых индикаторов этих изменений – криосфера и в особенности ледники. Наряду с современными данными дистанционного зондирования и полевых исследований важную роль в изучении динамики ледников играют исторические данные, в том числе и фотодокументы. Цель проекта - Создание летописи изменения климата на основе временных рядов изображений ледников.

Соответствие проекта уставным Цели и Задачам Русского географического общества

Выполняемый проект соответствует уставным Целям и Задачам Русского географического общества. Одной из основных задач Русского географического общества всегда было изучение нашей большой страны, популяризация географических знаний, воспитание бережного отношения к природе. Проект отвечает главной цели Общества (статья 2): работы по популяризации географии, сохранению истории и культурного наследия России, природоохранной, образовательной, исследовательской и иной деятельности для реализации потенциала страны.

Актуальность проекта

Оледенение – яркий и изменчивый компонент природы. На протяжении последних сотен тысяч лет распространение ледников и ледниковых покровов значительно изменялось. Начавшееся в середине XIX в. потепление продолжается уже более 160 лет. Этот процесс происходит с разной интенсивностью и временами прерывается или ослабевает. Понимание тенденций развития оледенения весьма важно и с научной, и с практической точек зрения. Нужно знать характер и величину текущих изменений ледников, а также определяющих этот процесс современных климатических изменений. При этом важно понимать не только общий характер и тенденции изменений климата, но и характер таких изменений в конкретных ледниковых районах.

Исторические документы являются частью ледниковой летописи и помогают исследователям восстановить ледниковую историю, что определяет актуальность поставленной в данном проекте задачи по созданию архива изображений ледников России.
Созданная в результате реализации проекта база данных станет составной частью мировой системы исторических данных о ледниках, вкладом российской науки в решение задачи формирования и развития массивов и баз данных по всем компонентам климатической системы, позволяющих делать научно обоснованные выводы о состоянии и изменениях климата.

Данные и методы

В процессе реализации проекта поиск изображений ледников проводился в архивах Института географии РАН, Томского государственного университета, Московского государственного университета, Института вулканологии ДВО РАН, Института лимнологии СОРАН,в библиотеке Русского географического общества, научных публикациях, в личных архивах, Интернете. Особое внимание уделялось наличию исторических документов, датируемых серединой XIX - началом XX века.

Существенно пополнены созданные ранее разделы архива для Кавказа, Алтая, Камчатки. Вновь созданы разделы, посвященные ледникам, расположенным в хребтах Кодар, Восточный Саян, Байкальский, Баргузинский, Верхнеангарский, Корякском нагорье, Кузнецком Алатау, на Новой Земле. Важное значение для отбора изображения имело наличие даты и автора. Большое количество изображений не было использовано в проекте в связи с невозможностью их атрибуции.

.

Данные и методы

Собранные изображения ледников были рассортированы по району расположения объекта и по дате исполнения.

Все изображения размещены на сайте «Архив изображений ледников России», основы которого заложены при поддержке РГО в 2020/2021гг.

Для каждого района создана своя страница на Интернет ресурсе. На ней реализован доступ к разделам «История исследования района», «Природные особенности региона» и страницам, посвященным отдельным ледникам, на которых собраны их изображения в хронологическом порядке.

Сайт сформирован на платформе Google Sites. Изображения ледников, существующие на бумажных носителях или на стеклянных пластинах, были отсканированы и сохранены в формате jpg.

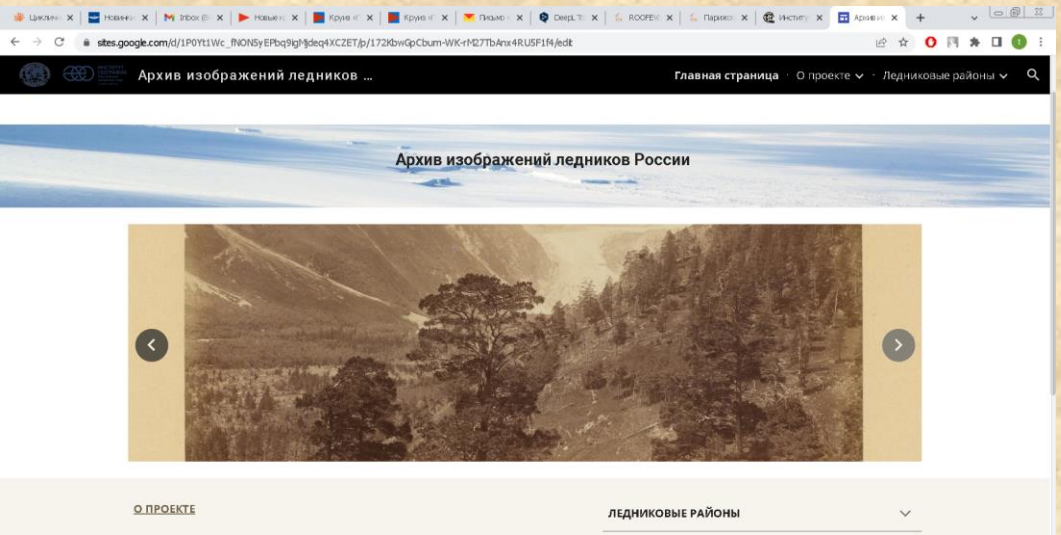
Рабочий план проекта полностью реализован. Изменения в рабочем плане проекта в результате реализации проекта не производились. Выделенных средств было достаточно для выполнения проекта

Основные результаты
Интернет сайт «Архив изображений ледников России».

Сайт создан на платформе Google Сайты (https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers). На Главной странице дано название сайта, описание разделов сайта, организован доступ к разделам и страницам сайта.

Раздел «О ПРОЕКТЕ» содержит краткую информацию о проекте, методах и используемых материалах, описание содержания и структуры базы данных, пояснения к страницам ледниковых районов.

Раздел «ЛЕДНИКОВЫЕ РАЙОНЫ» обеспечивает доступ к страницам ледниковых районов. Для каждого ледникового района создана отдельная страница, на которой дано краткое описание собранного архива и можно прейти к разделам «Природные особенности региона», «История исследований» и «Ледники». В раскрывающемся меню раздела «Ледники» можно выбрать конкретный ледник и прейти на страницу, на которой в хронологическом порядке представлены изображения ледника.



Главная страница сайта «Архив изображений ледников России»

Ледниковые районы представленные на сайте.
Кавказ.

Кавказ один из самый изученных и обеспеченных данными горно-ледниковых районов России. Для проекта собрано несколько сотен изображений ледников Кавказа начиная с гравюр середины XIX до цифровых фотографий последних лет

Основное количество полученных в рамках настоящего проекта исторических фотографий Кавказа снято в период 1884-1913 гг. Их бóльшая часть принадлежит двум выдающимся фотографам, путешественникам и альпинистам венгру Морицу Деши и итальянцу Витторио Селле.



Ледник Большой Азау со стороны Баксанской долины.1884 год. Автор: Мориц фон Деши



Панорамное изображение ледника Караугом.1890 год. Витторио Селла.

Кавказ

Для сравнительной визуальной оценки изменений ледников к историческим фотографиям были подобраны современные фотографии начала XXI в., снятые с совпадающих ракурсов.



Ледник Уллукам. Фото Морица Деши. 1886 г.

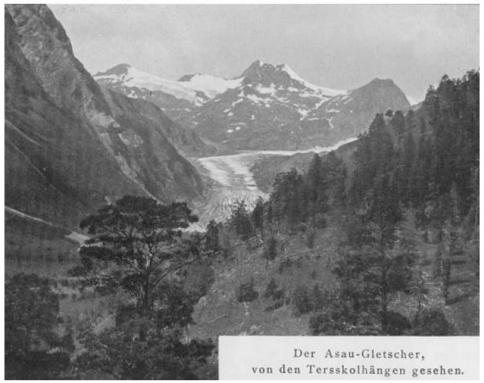


Ледник Уллукам. Фото Т. Олесницкого. 2015 г.

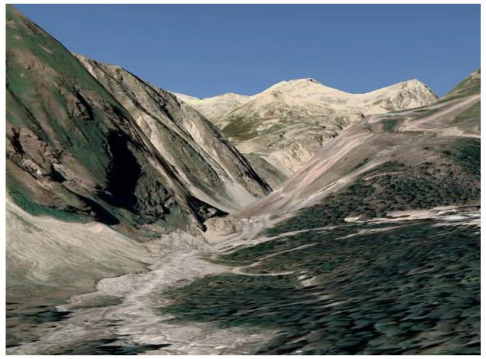
Фотографии ледника Уллукам Морица Деши в 1886г. и Т.Олисницкого в 2015г.

Кавказ

В случае отсутствия современных фотографий рассматриваемых ледников, снятых с совпадающих ракурсов, использовались объёмные реконструкции изображений этих ледников по космоснимкам в приложении Google Earth

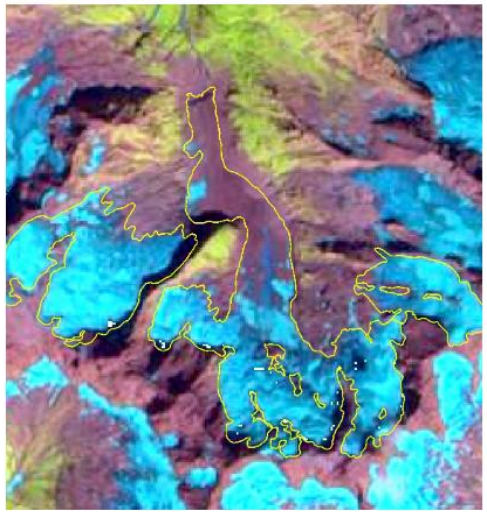


Ледник Большой Азау. Иллюстрация из книги «Путешествие Морица Дешипо Кавказу в 1884-1887». 1884 г.



Реконструкция изображения ледника Большой Азау по космоснимку 2022 г.в программе Google Earth.

Ледник Большой Азау. Фото Морица деши в 1884г. и реконструкция по космическому снимку 2022г.



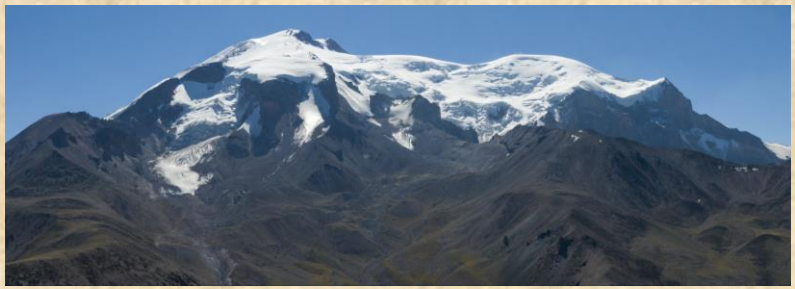
Для визуальной оценки тенденции изменения площади ледников за 4 последних года в проект включены изображения границ ледников, полученные по снимкам Сентинел-2 2018 г. на снимках Сентинел-2 2022 г.

Положение границ Аманаузкого ледника в 2018г. на снимке Сентинел-2 2022г.

Кавказ

В1965 г. был издан каталог ледников Эльбруса под редакцией Ю. Книжникова и В. Кравцовой. В нем содержатся наземные и аэрофотоснимки всех ледников Эльбруса по результатам экспедиций 1957-1960 гг, которые проводились во время Международного Геофизического Года.

В 2020/2022гг. была проведена повторная съемка части ледников Эльбруса: Битюктюбе, Уллучиран, Карачаул, Уллукол, Уллумалиендерку, Микельчиран, Джикиуганкез, Ирик, Терскол, Гарабаши, Малый Азау, Большой Азау, Уллукам. Съемка велась с дрона и наземно. На сайте создан специальный раздел, где приводятся снимки с похожих ракурсов 2020/2022гг и 1957-1960 гг для визуального сравнения состояния оледенения, а также некоторые дополнительные фотографии, общие планы и панорамы отдельных ледников и горы Эльбрус.



Западный склон Эльбруса 20 августа 2020г. Фото М. Тарасов.



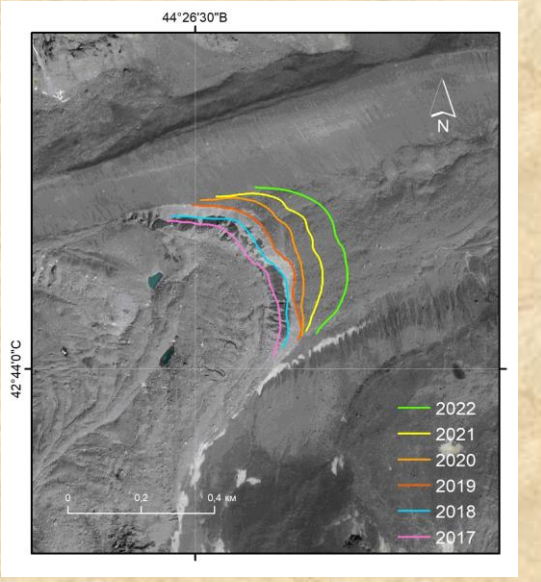
Западный склон Эльбруса 1 августа 1959г. Фото Ю. Книжников.

Кавказ. Пульсирующй ледник Колка

Ледник Колка – небольшой карово-долинный ледник, расположенный на северном склоне массива Казбек-Джимарай-Хох в верховьях реки Геналдон. Он известен своими подвижками, которые происходили неоднократно – 1834 г., 1902 г., 1969 г. ,2002 г. В разделе приведены изображения ледника в 1889, 1901,1902,1958,1970, 1978,1987, 2003, 2006, 2010, 2014 и 2020гг.



Ледник Колка в 1901г. (фото М. Преображенискогo) и в 2014г. (фото Г. Носеко)



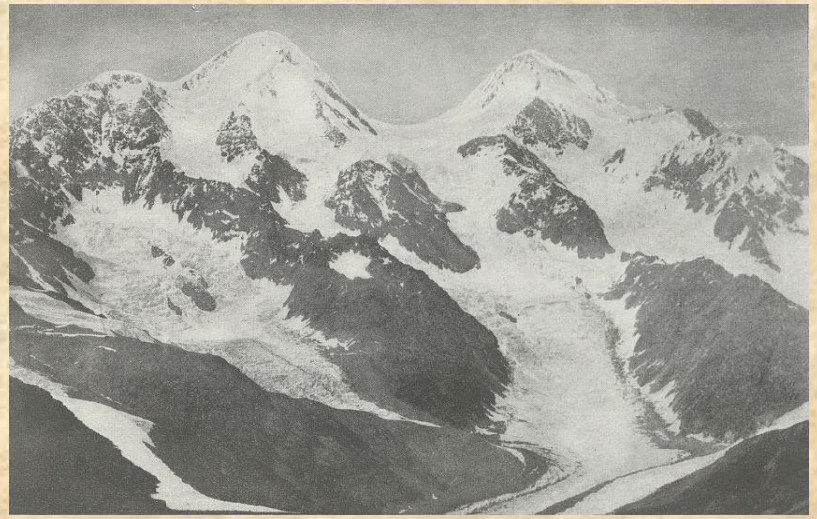
Положение фронта возрожденного после катастрофы 2002 г. ледника Колка в 2017–2022 гг. (в качестве подложки использован снимок WorldView-2 от 08.09.2019)

Практически сразу после подвижки 2002г. в опустевшем цирке ледника Колка начался процесс формирования нового ледникового тела.

Алтай.

Представлен фотографический материал первых исследователей ледников Алтая, по которому возможна визуальная оценка их изменений «за столетний период». Для этой цели к каждой исторической фотографии ледника с максимально совпадающего ракурса подобран снимок, отражающий его современное состояние. В некоторых случаях в качестве «современного снимка» использованы космоснимки 2015-2019 гг. с интернет-ресурса Google Earth.

Использованы фотоиллюстрации из опубликованных работ В.В. Сапожникова и фотоматериалы экспедиций В.В. Сапожникова, М.В. и Б.В.Троновых и других исследователей, являющиеся фондом Музейного собрания Томского государственного университета.



Гора Белуха и ледник Катунский с Берельского водораздела.Фотография В.В. Сапожникова. 1911 г.



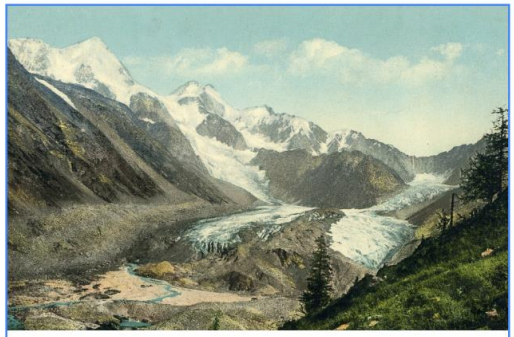
Гора Белуха и ледник Катунский с Берельского водораздела. Фотография Е. Домашева. 2012 г.

Алтай.

Самые ранние фотографии ледников Алтая, сохранившиеся до нашего времени, были сделаны в 1870 г. первой женщиной-фотографом Л.К. Полторацкой. В 1907-1911 гг. Катунский и другие ледники фотографировал известный алтайский фотограф Сергей Иванович Борисов.



Ледник Катунский. Фотография Л. Полторацкой. 1870 г.



Ледник Катунский. 1910 г. Фотография С.И. Борисова, раскрашенная вручную для печати открыток.

Ледник Катунский. Фото Л. Полторацкой в 1870г. и С.НИ. Борисова в 1910г.

Съёмки ледников Алтая с начала XX века до 1930-х гг. проводились исследователями братьями М.В. и Б.В. Троновыми, геологом К.Г. Тюменцевым и естествоиспытателем Р.Г. Тюменцевым.

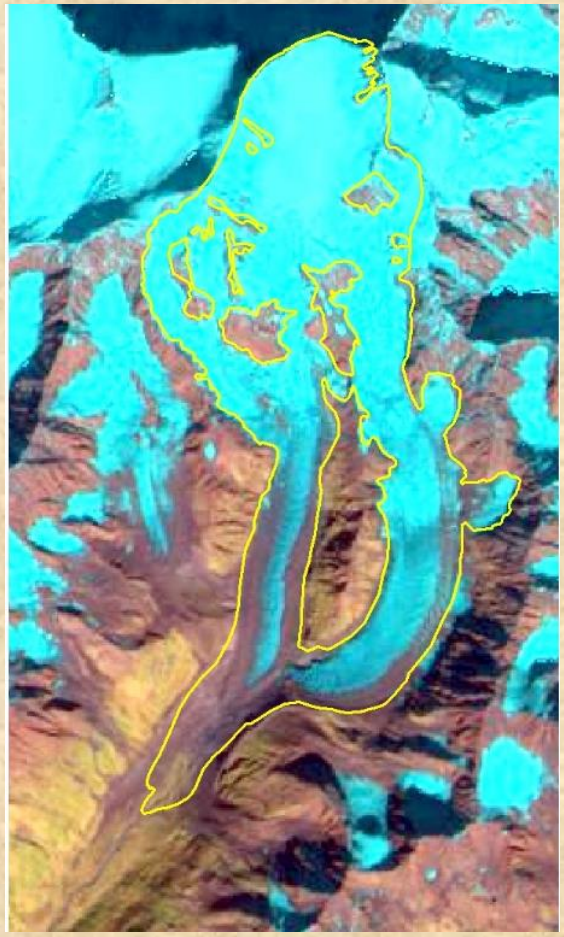




Вид на язык Катауского ледника. Фото Р.Г. Тюменцева 1901-1916гг. и Фото с вертолета И. Голанцева в 2020г.

Алтай.

Анализ изображений подтвердил устойчивый тренд сокращения ледников Алтая с конца XIX века до наших дней. Определена величина сокращения длины рассматриваемых ледников за период 1968 – 2022 гг.

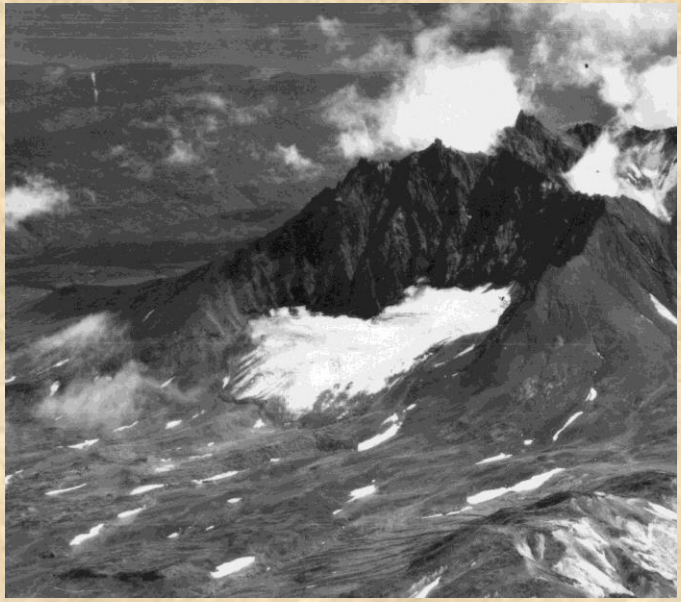


Для каждого исторического изображения ледника на снимках Сентинел-2 2022 г. обозначено положение их границ в 1968 г., которые определены по снимкам Corona.

Положение границ Катунского ледника в 1968 г.
на снимке Сентинел-2 2022 г. За период 1968 – 2022 гг.
ледник отступил на 1200 м.

КАМЧАТКА

Наиболее подробные серии разновременных фотографий есть для ледников Козельский (Авачинская группа вулканов), Желтый (Ключевская группа вулканов) и Кропоткина (вулкан Большой Семячик).



Ледник Кропоткина на вулкане Большой Семячик 07.09.1948. Фото из архива ИВиС ДВО РАН. Автор неизвестен



Ледник Кропоткина на вулкане Большой Семячик 16.08.2010. Фото А.Я. Муравьева.

Для ряда ледников Камчатки можно наблюдать длительное наступание. Например Козельский, Эрмана, Богдановича, Эульченок, расположенных на активных вулканах, либо консервацию их языков.

Хребет Кодар

Площадь открытого льда на ледниках Кодара почти не менялась с 1960-х по 1995 г. и сократилась почти на 40% за 15 последующих лет (1995–2010 гг.) на фоне существенного повышения средних летних температур, начиная с 1980-х годов. Реакцию оледенения на потепление климата уменьшает процесс интенсивного заморенивания концов ледников.
В разделе представлены фотографии ледников сделанные во время научных экспедиций Института лимнологии СО РАН под руководством Э.Ю. Осипова с 2006 по 2021гг. из личного архива Э.Ю. Осипова.



Кодар. Ледник Азаровой. Фото с перевала Медвежий. 23.06.2006.

Автор Осипов Э.Ю.

Восточный Саян

В 2013 г. были опубликованы результаты исследований 10 ледников вблизи пика Топографов с помощью топографических карт и космоснимков высокого разрешения 2006 и 2008 гг. (Осипов и др., 2013). Они показали, что за последние 160 лет здешние ледники потеряли 3,94 км², или 48% своей площади.



Восточный Саян. Мунку-Сардык. Ледник Перетолчина. 13.07.2011. Фото Вершинина К.Е.



Восточный Саян. Мунку-Сардык. Ледник Перетолчина. 01.08.2014. Фото Осипова Э.Ю.

В разделе представлены фотографии ледников сделанные во время научных экспедиций Института лимнологии СО РАН под руководством Э.Ю. Осипова с 2011 по 2017гг. из личного архива Э.Ю. Осипова.

Байкальский хребет





Ледник Черского. Фото Вершинина К.Е. в 02.08.2004 и Осипова Э.Ю. 06.07.2013г.

В работе (Китов, 2014) приводятся данные о состоянии ледника Черского на 1960 г. (топографическая карта) и на 2010 г. (космический снимок Landsat-7). Площадь ледника по этим данным сократилась всего на 9% – с 0,45 км2 в 1960 г. до 0,41 км2 в 2010 г.

В разделе приводятся фотографии ледника Черского, сделанные в 2004, 2013, 2015 и 2021гг. участниками научных экспедиций К.Е. Вершининым, Э.Ю. Осиповым и А. Абрамовым

Баргузинский хребет

В современную эпоху в Баргузинском хребте происходит процесс дегляциации: площадь нивально-гляциальных образований сокращается, каровые ледники превращаются в присклоновые. Кроме того, небольшие ледники, отмеченные в 60-е годы прошлого столетия на топографических картах, в настоящее время перешли в стадию многолетних снежников или каменных глетчеров.



Ледник Урел-Амутис. Фото А.Абрамова 30 июля 2021



Все, что осталось от ледника Акули. Фото А. Абрамова 30 июля 2021

Верхнеангарский хребет

Четыре ледниковых образования на Верхнеангарском хребте обнаружены недавно в результате экспедиционных исследований 2017-2018. В их числе ледник Огдында-Маскит. Это ледниковое образование достаточно стабильно, но в результате изменений климата медленно деградирует.
Общая площадь ледника Огдында-Маскит по снимку CORONA 21 августа 1967 г. – 0,218, км2, площадь по снимку Bing/Sentinel2B (31 июля 2013 г)- 0,198/0,082 км2. Изменение площади ледника Огдында Маскит за 50 лет незначительно – около 10%. (Ananicheva et al.2019)



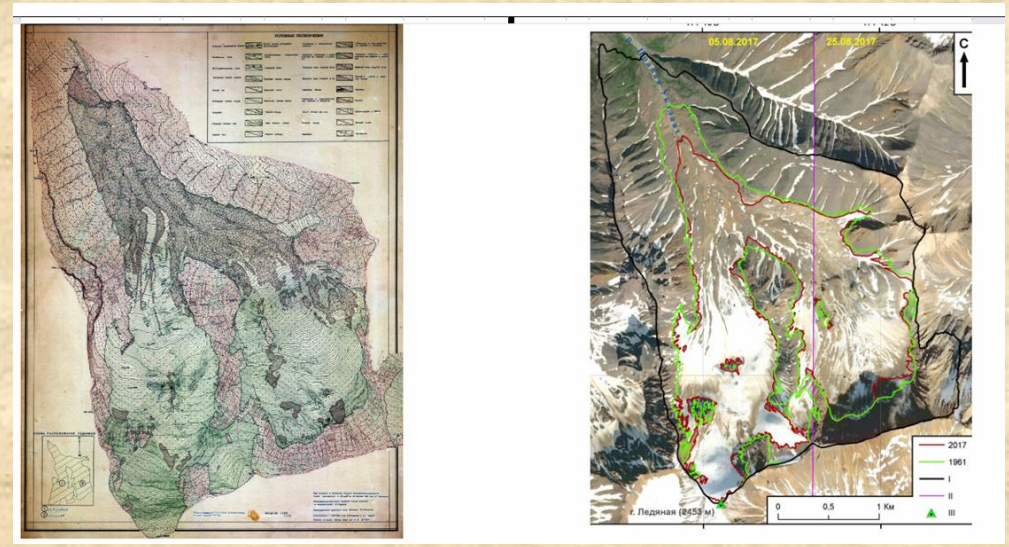
Ледник Огдында-Маскит, фото 06.08.1986, Горошанский Юрий Евгеньевич, http://tlib.ru/doc.aspx?id=33477&page=1



Верхнеангарский хребет, ледник Огдында-Маскит 16 июля 2018 г.; Фото Г.Ю. Пакина

Корякское нагорье

Современное оледенение Корякского нагорья до сих пор остается малоизученным. В значительной мере это обусловлено удаленностью и труднодоступностью объекта исследований. Большое количество переходных состояний и форм между классическими ледниками и каменными глетчерами абляционного и мерзлотного типов затрудняет их идентификацию и возможность использования в качестве индикаторов происходящих изменений современного климата. Последние инструментальные гляциологические исследования были проведены в этом районе в 1961 году экспедицией Института географии РАН [Сватков., Цветков, 1965.]. Оценка изменений с 1961 по 2017гг сделана по данным космической съемки.



Изменение границ ледников Нежданный и Соседний с 1961 по 2017 г. Условные обозначения: *I* – границы территории, охваченной данными топоплана 1961 г.; *II* – граница между фрагментами спутниковых снимков SPOT 6 от 05.08.2017 и 25.08.2017; *III* – вершина горы Ледяная (2453 м).

Кузнецкий Алатау

Результаты гляциальных исследований Июсско- Терсинской группы в 2005, 2008, 2011 и 2021 гг., показывают, что крупные ледники Июсско-Терсинской группы продолжают сокращаться. Темпы сокращения в 2011–2021 гг. замедлились по сравнению со второй половиной XX – первым десятилетием XXI вв. Замедление темпов сокращения ледников напрямую связано с увеличением количества твердых осадков в горах Кузнецкого Алатау. (Адаменко и др, 2022).

В разделе представлены в основном фотографии из личного архива М.М. Адаменко, сделанные П.С. Шпинем в 70-е годы и М.М. Адаменко в 2010-2022гг.



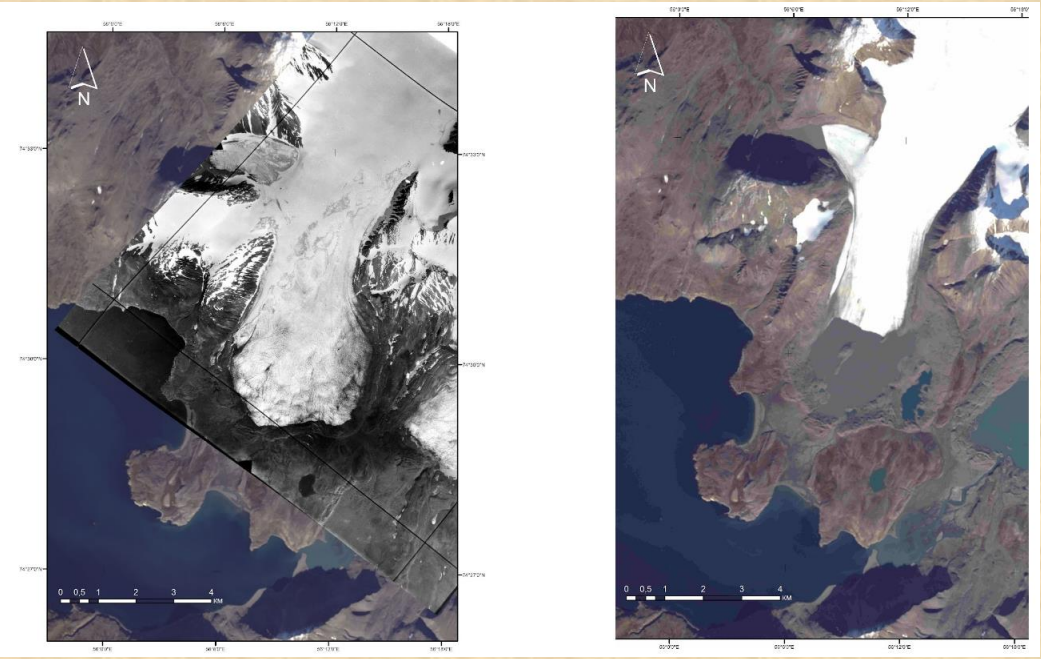
Кузнецкий Алатау, ледник Карагаш. Август 1971 г. Фото П.С. Шпиня. Предоставлено М.М. Адаменко



Кузнецкий Алатау, ледник Карагаш. Фото А. Абрамова 31августа 2022г.

Новая Земля

Оледенение Новой Земли деградирует. За период с 1913 по 1933 гг. его площадь сократилась на 0,4%; с 1933 по 1959 гг. – на 2,2%; с 1959 по 1973 гг. – на 1,4% и за 1973–1988 гг. – на 0,7%. По одной из последних оценок с 1952 по 2012 гг. в целом по архипелагу сокращение площади ледников составило 580 км2 (2,4%), объём льда уменьшился на 160 км. Потери массы льда на архипелаге оцениваются в –11,2±5,5 /год за период 2004—2008 гг. и −5,2±3,9/год 2008—2012 гг (Ali A, Dunlop P, Coleman S,Kerr D, McNabb RW, Noormets R 2023). В разделе предсавлено сревнение аэрофотоснимков 1952 г. и космических снимков ландсат 2022г.



Состояние фронтальной части ледника Ru10-02.0257 на Новой Земле и его изменения за прошедшие 70 лет. Слева фрагмент аэрофотоснимка, сделанного 25 июля 1952 г. (НЗ – 52 – 25/VII – 1133), справа фрагмент изображения Landasat-9, полученного 3 сентября 2022 г. (C09_L1TP_178007_20220903_20230331_02_T1 Pansharp). Снимок слева наложен на изображение Landsat-9.

За прошедшие 70 лет: ледник Ru10-02.0257 потерял во фронтальной части 9,35 км2 площади и отступил в среднем на 4,8 км. То есть, по сравнению с Каталогом ледников России (данные 2019 г.) площадь ледника Ru10-02.0257 за счет отступания фронта уменьшилась на 17. 2%, а длина на 25.7%

Выводы

В результате реализации проекта в 2022\2023гг были вновь созданы временные ряды изображений ледников, хребтов Кодар, Восточный Саян, Байкальский, Баргузинский, Верхнеангарский, Корякского нагорья, Кузнецкого Алатау, Новой Земли.
Существенно пополнены разделы, посвященные ледникам Кавказа, Алтая, Камчатки. Обновлен раздел посвященный повторной съемке ледников Эльбруса. В нем представлены фотографии из Атласа ледников Эльбруса 1965г. и современная съемка ледников, которая специально была организована в 2020-2022гг.

Анализ временных рядов подтверждает устойчивый тренд отступания фронтов ледников практически во всех ледниковых районах. На Камчатке в районах активного вулканизма ледники находятся в стадии наступания и стационирования. На Кавказе восстанавливается после подвижки 2002 года пульсирующий ледник Колка.

Самый важный результат это создание и развитие архива изображений ледников России, который представляет собой пополняемый информационный ресурс. Организован широкий доступ к данным на специализированном сайте «Архив изображений ледников России» (https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers). Данные могут быть использованы и в научных исследованиях для подробного анализа изменений ледников, и для широкой аудитории, активно интересующейся природой горных и полярных районов России.