

## АРХИВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛЕДНИКОВ РОССИИ

© 2025 г. Т. Е. Хромова\*, С. А. Никитин, А. Я. Муравьев,  
Г. А. Носенко, А. Ф. Глазовский

*Институт географии РАН, Москва, Россия*

*\*e-mail: tkhromova@gmail.com*

Поступила в редакцию 04.03.2025 г.

После доработки 03.04.2025 г.

Принята к публикации 18.04.2025 г.

Создан Архив изображений ледников России, в который вошли документы, датируемые с середины XIX века до наших дней. В открытом доступе представлены временные ряды изображений ледников основных ледниковых районов России. Анализ полученных данных подтверждает устойчивый тренд отступления фронтов ледников. Исключение составляют динамически неустойчивые ледники и ледники вулканических районов Камчатки.

**Ключевые слова:** ледники, изображения ледников, изменение климата, изменения ледников

**DOI:** 10.31857/S2076673425020011, **EDN:** FPYKWJ

### ВВЕДЕНИЕ

Происходящие в настоящее время изменения климата и связанные с ними изменения в окружающей среде привлекают внимание и учёных, и широкой общественности. Один из самых чувствительных и видимых индикаторов этих изменений – ледники. Наряду с современными данными дистанционного зондирования и полевых исследований важную роль в изучении динамики ледников играют исторические материалы, в том числе и фотодокументы, которые являются частью ледниковой летописи и помогают восстановить ледниковую историю.

В архивах, разбросанных по всему миру, существуют фотографии ледников, сделанные и с земли, и с воздуха. Подобные коллекции охватывают более полутора веков – от середины XIX в. до наших дней. Большая их часть хранится в Мировом центре данных по гляциологии в г. Боулдер, США (NSIDC..., 2025). На конец 2024 г. этот архив включал 25 655 фотографий ледников, расположенных в разных районах земного шара. Из них более 19 000 сделаны на территории США, около 2000 в Гренландии, 913 в Швейцарии, 423 в Канаде. Менее масштабны собрания фотографий ледников, находящиеся в Скандинавии, Франции, Германии, Италии, Южной Америке, Гималаях и Антарктиде. В нашей стране до недавнего времени подобные

систематизированные и доступные данные практически отсутствовали.

В Институте географии РАН при поддержке РГО впервые были начаты работы по созданию базовой основы такой коллекции в России. Серии разновременных фотографий ледников представляют собой важнейший архив записей о состоянии и изменении основного элемента ландшафтов высокогорья и полярных районов России. Уже во второй половине XIX в. Русским географическим обществом была поставлена задача наблюдений за состоянием и регистрации изменений ледников России. В РГО была создана первая в Европе ледниковая комиссия, которую возглавил известный деятель РГО И.В. Мушкетов. Проект по формированию архива изображений ледников России – научно-исторического архива материалов с XIX в. по настоящее время – продолжает эту работу на современном уровне, с использованием компьютерных технологий, позволяющих работать с систематизированными материалами онлайн.

### ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Поиск изображений ледников проводился в архивах Института географии РАН, Томского государственного университета, Московского государственного университета, Института

вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Института лимнологии СО РАН, в библиотеке Русского географического общества, научных публикациях, в личных архивах, Интернете. Особое внимание уделялось наличию исторических документов, датируемых серединой XIX – началом XX в. Важное значение для отбора изображения имело наличие даты и автора. Большое количество изображений не было использовано в проекте в связи с невозможностью их атрибуции.

Собранные изображения ледников были рассортированы по району расположения объекта и по дате исполнения. В подписях, сопровождающих исторические и современные фотографии, указаны название объекта съёмки, автор и год. В нескольких случаях, когда авторство фотографии не было установлено, в подписи указывалось «Автор неизвестен».

При отсутствии современных фотографий рассматриваемых ледников, снятых с совпадающих ракурсов, использовались объёмные реконструкции изображений этих ледников по космическим снимкам в приложении Google Earth.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные ряды изображений размещены на специально созданном сайте «Архив изображений ледников России». Сайт сформирован на платформе Google Сайты (Архив изображений ледников России..., 2025). На Главной странице дано описание разделов сайта, организован доступ к разделам и страницам, посвящённым ледниковым районам и отдельным ледникам.

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 перейти к разделам «Природные особенности региона», «История исследований» и «Ледники». В раскрывающемся меню раздела «Ледники» можно выбрать конкретный ледник и перейти на страницу, на которой в хронологическом порядке представлены изображения ледника.

К настоящему времени сформированы разделы архива, посвящённые ледникам Кавказа,

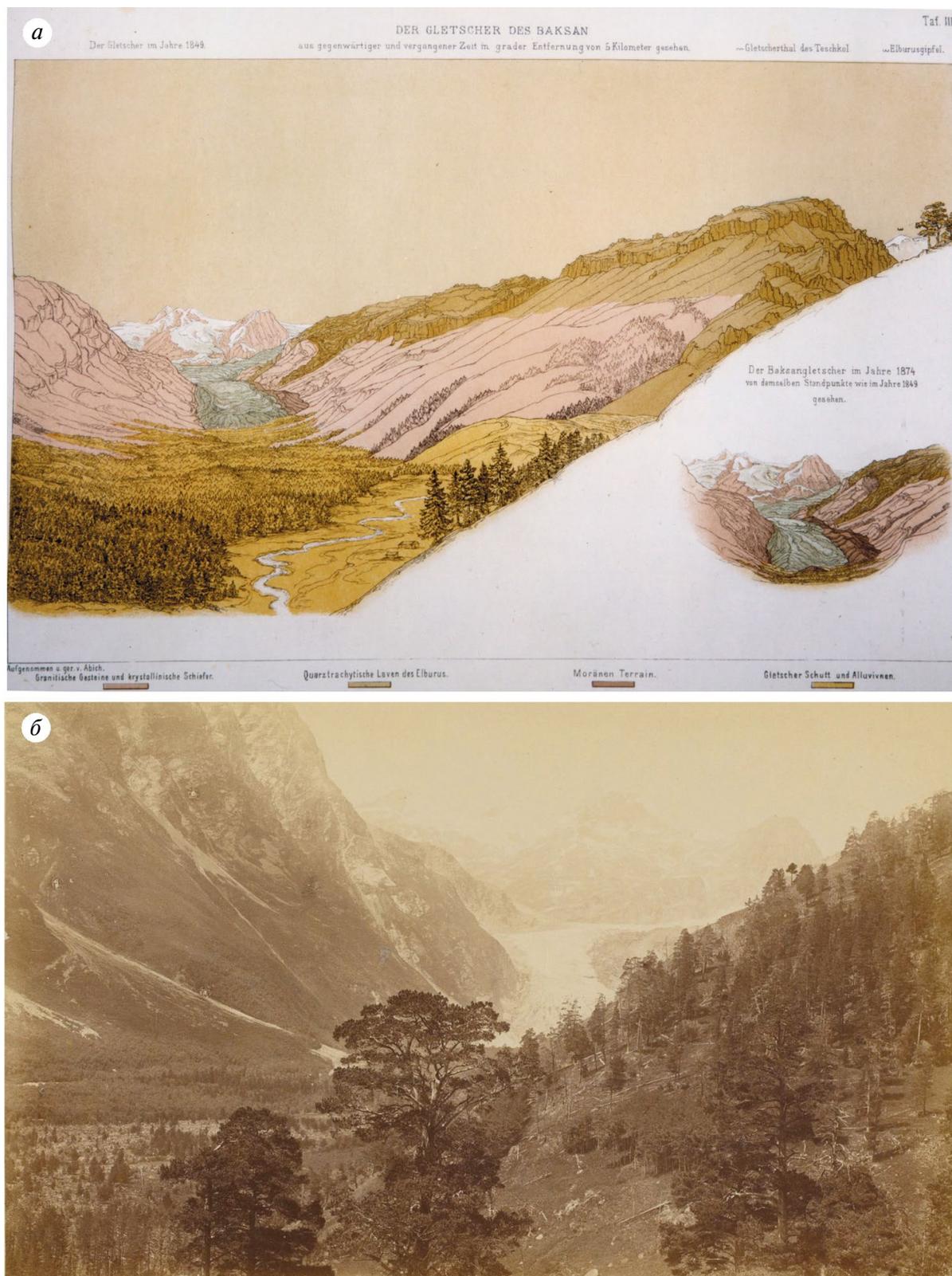
Алтая, Камчатки, Полярного Урала, хребтов Кодар, Байкальский, Баргузинский, Верхнеангарский, Восточного Саяна, Корякского нагорья, Кузнецкого Алатау, Новой Земли и Северной Земли. Наиболее полные коллекции собраны для Кавказа, Алтая и Камчатки.

**Кавказ.** Документальные изображения ледников Кавказа стали появляться с середины XIX века. И одним из первых, кто оставил дошедшее до наших дней исторические изображения ледников Приэльбрусья, был немецкий геолог и путешественник – Герман Вильгельмович Абиш. Созданные им гравюры демонстрируют положение фронта ледника Большой Азау в 1849 и 1874 гг. (рис. 1, а).

Основное количество использованных в проекте исторических фотографий Кавказа сделано в период 1884–1913 гг. Большая их часть принадлежит двум выдающимся фотографам, путешественникам и альпинистам венгру Морицу фон Деши и итальянцу Витторио Селле. Главным регионом географических исследований Морица фон Деши был Кавказ, от Новороссийска до Кuruша в Дагестане, где Мориц фон Деши провёл девять больших экспедиций. Во время первой своей экспедиции в 1884 г. он совершил первовосхождение на Мамисон и третье восхождение на Восточный Эльбрус. В 1905–1907 гг. Деши издал трёхтомную монографию о горном Кавказе на немецком языке, проиллюстрированную фотографиями, сделанными им во время кавказских экспедиций (см. рис. 1, б) (Déshi, 1905–1907).

Итальянский альпинист Витторио Селла считается одним из самых лучших специалистов в истории горной фотографии. В 1889, 1890 и 1896 гг. он организовал экспедиции на Центральный Кавказ (Фонд В. Селлы..., 2025). В первой экспедиции Селла посетил труднодоступное Безенгийское ущелье, где провёл работы по исследованию ближайших хребтов, вершин и перевалов. О событиях тех дней напоминает само название одной из вершин этого района – пик Селла. Исследованию Главного Кавказского хребта в районе от Мкинварцвери до Эльбруса посвящена вторая экспедиция, предпринятая им в 1890 г. При фотосъёмке Селла использовал фотопластины большого размера (30×40 см), что позволило получить фотографии очень высокого качества (рис. 2).

В архив вошли исторические фотографии и других авторов. Среди них Н.А. Буш – известный исследователь природы Кавказа, его флоры и ледников. С 1894 по 1911 г. Н.А. Буш



**Рис. 1.** Ледник Большой Азау со стороны Баксанского ущелья. 1849 и 1874 гг. Гравюра. Автор: Отто Вильгельм Герман фон Абиш (а). Ледник Большой Азау со стороны Баксанской долины. 1884 год. Автор: Моритц фон Деши (б)  
**Fig. 1.** Bolshoi Azau Glacier from the Baksan Gorge. 1849 and 1874. Engraving. Author: Otto Wilhelm Hermann von Abich (a). The Bolshoi Azau Glacier from the Baksan valley. 1884. Author: Moritz von Deschy (b)



**Рис. 2.** Фотография ледника Караугом. 1890 г. Виторио Селла

**Fig. 2.** A photograph of the Karaugom Glacier. 1890. Vitorio Sella

осуществил одиннадцать путешествий на Кавказ (Буш, 1905). Российский и советский фотограф и кинооператор Н.Л. Минервин в 1908 г. во время восхождения на Эльбрус произвёл серию фотоснимков и стереоскопических диапозитивов ледников и вершин Кавказа. Используются также фотографии Д.И. Ермакова, русского фотографа, востоковеда и этнографа.

С появлением в 1902 г. Кавказского горного общества началось активное рекреационное освоение современных курортно-туристических территорий Кавказа. Одним из председателей Кавказского горного общества был Григорий Иванович Раев – фотограф, опубликовавший более 200 работ с видами гор и ледников Кавказского региона, снятых с 1910 по 1917 г. Г.И. Раев по праву считается известным «фотолетописцем Кавказа» и крупнейшим издателем видовых открыток этого края.

Для сравнительной визуальной оценки изменений ледников к историческим фотографиям

были подобраны современные фотографии начала XXI в., снятые с совпадающих ракурсов. Их авторами являются Мигуэль Алонсо, Ю. Балицкий, А. Батаева, И. Бринк, Милис Винд, Т. Галимзянов, М. Голубев, М. Докукин, Фабиано Вентура, С. Кудрин, С. Кучма, В. Моргоев, Р. Нечаев, С. Никитин, Т. Олесницкий, И. Паша, К.П. Рототаев, М. Сиглер, Ю. Суриков, В. Туркин, Т. Хасимов, П. Чочиа и Н. Шакилов.

В 1965 г. был выпущен фотоатлас ледников Эльбруса (Атлас..., 1965). В нём содержатся наземные фотографии, сделанные А. Брюхановым, Ю. Книжниковым, Ф. Никулиным и Б. Фамицыным всех ледников Эльбруса по результатам экспедиций 1957–1960 гг. Международного геофизического года. В 2020–2022 гг. группа исследователей в составе Н. Елагиной, М. Тарасова, Е. Егорейченкова, Е. Корниловой и А. Белоцерковского провели повторную съёмку ледников. В разделе приводятся снимки с похожих ракурсов 2020–2022 и 1957–1960 гг., а также некоторые дополнительные фотографии, общие планы

и панорамы отдельных ледников и горы Эльбрус. Кроме того, приводится сравнение аэрофотоснимков 1957 г. и космических снимков SPOT 7 от 20.08.2016. Представленные материалы наглядно свидетельствуют о деградации ледников Эльбруса с середины XX в.

Один из наиболее интересных гляциологических объектов на Кавказе ледник Колка известен своими подвижками, которые происходили неоднократно – в 1834, 1902, 1969 г. (Рототаев и др., 1983) и 2002 г. (Котляков и др., 2014).

Практически сразу после катастрофы 2002 г. в опустевшем цирке ледника Колка начался процесс формирования нового ледникового тела. В настоящее время восстановление ледника Колка продолжается с постепенно возрастающей скоростью, несмотря на неблагоприятные метеорологические условия последних лет. Главными факторами формирования баланса массы ледника по-прежнему остаются лавинное питание, усиленная абляция льда и нестационарный процесс бронирования ледника обломочным материалом. В архиве собраны изображения ледника в 1889, 1901, 1902, 1958, 1970, 1978, 1987, 2003, 2006, 2010, 2014 и 2020 гг. (рис. 3).

Всего к настоящему времени на сайте размещено 511 изображений 55 ледников Кавказа. Сопоставление размещённых на сайте изображений свидетельствует о сокращении размеров ледников начиная с конца XIX века. Гравюра Абиха 1849 г. – документальный источник, подтверждающий наступание ледника Большой Азау в последнюю фазу малого ледникового периода. Последующие фотодокументы фиксируют отступление фронтов ледников Кавказа. На этом фоне выделяется ледник Колка, который продолжает своё восстановление после катастрофы 2002 г.

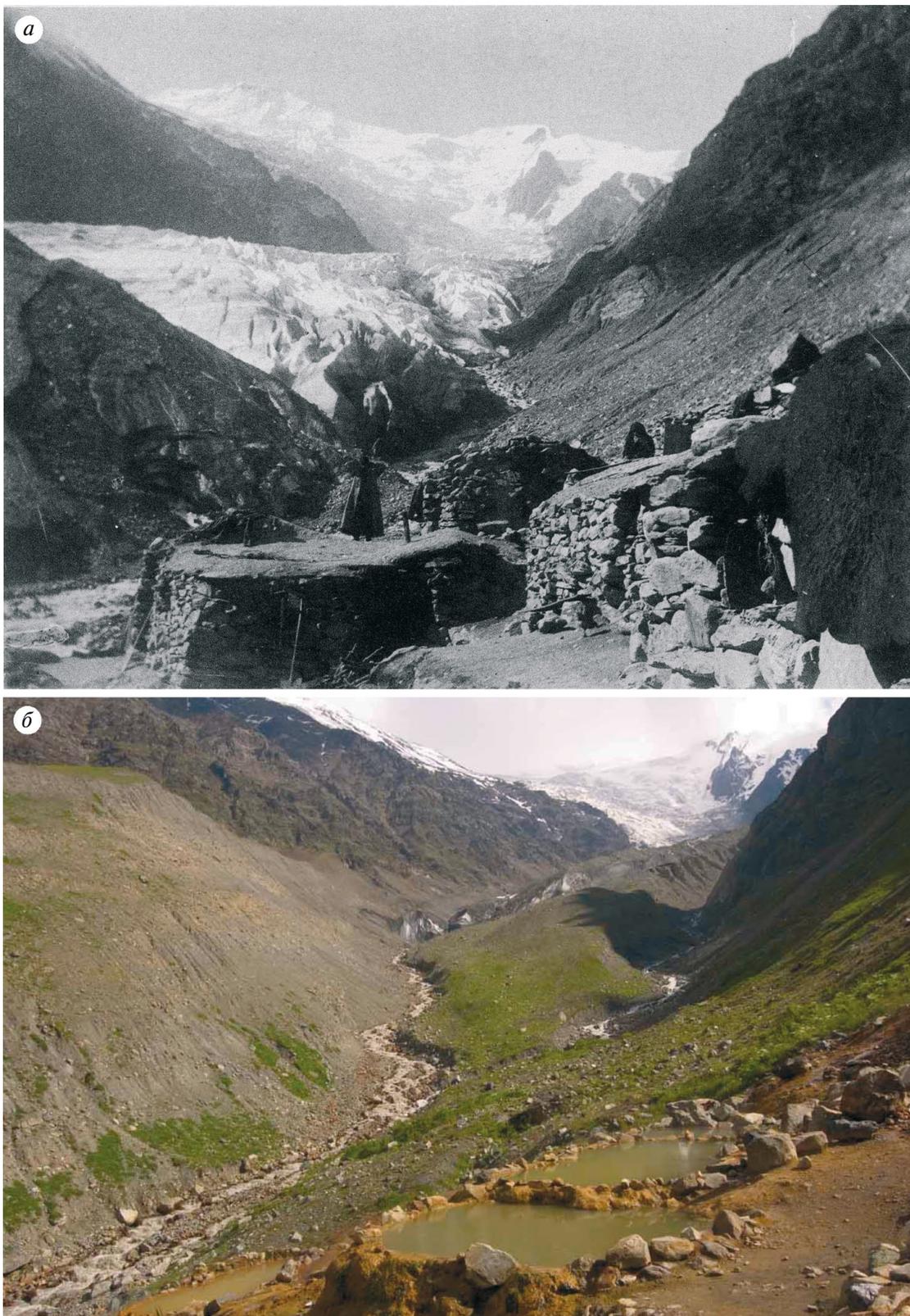
Собранные изображения иллюстрируют и дополняют полученные ранее результаты анализа дистанционных данных. Так, за период с 2001 по 2012 г. ледники Центрального Кавказа уменьшились на  $4.7 \pm 2.1\%$ , а ледники Западного Кавказа – на  $4.1 \pm 2.7\%$  (Носенко и др., 2013; Shahgedanova et al., 2014). Ледниковые фронты отступали с 1987 по 2010 г. в пределах от 50 до 500 м в зависимости от размеров ледников, их морфологии и высоты языков. Ледники Эльбруса за период с 1999 по 2012 г. потеряли 4.9% площади. Среднегодовые темпы уменьшения площади ледников составляли 0.4% в год. Ускорение таяния ледников на Большом Кавказе произошло в период с 2000 по 2020 г. (Tielidze et al., 2022).

**Алтай.** Самые ранние фотографии ледников Алтая, сохранившиеся до нашего времени, были сделаны в 1870 г. первой женщиной-фотографом Л.К. Полторацкой. К ним относятся панорама «Катунских Альп» с вершиной Белухи и фотографии Катунского ледника. Они были опубликованы в 1879 г. (рис. 4, а) в альбоме Л.К. Полторацкой «Виды и типы Западной Сибири» (Полторацкая, 1879).

Спустя 25 лет фотосъёмка Катунского ледника была повторена учёным-путешественником В.В. Сапожниковым в его первой экспедиции на Алтай в 1895 г. В последующих его алтайских экспедициях 1897–1899 гг. (Сапожников, 1901) Катунский ледник был неоднократно им сфотографирован с разных ракурсов, начиная от подходов к нему по долине Катунки и кончая Седлом Белухи, расположенным на высоте 4000 м между её восточной и западной вершинами. Его книга «По Алтаю. Дневник путешествия 1895 года» является первым научным изданием, насыщенным снимками ледников (Сапожников, 1897). Фотоматериалы экспедиций В.В. Сапожникова хранятся в Музейном центре Томского государственного университета.

В 1907–1911 гг. Катунский и другие ледники фотографировал известный алтайский фотограф Сергей Иванович Борисов (см. рис. 4, б). Эти фотодокументы хранятся в фондах Алтайского государственного краеведческого музея, Государственного музея истории литературы, искусства и культуры Алтая, Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени Д.Г. Бурылина. Дальнейшие съёмки ледников Алтая с начала XX века до 1930-х годов проводились исследователями братьями М.В. и Б.В. Троновыми, геологом К.Г. Тюменцевым и естествоиспытателем Р.Г. Тюменцевым. В архиве размещены фотографии Тюменцевых 1901–1933 гг. из фондов Томского областного краеведческого музея им. М.Б. Шатилова и Музейного центра Томского государственного университета. Используются также многочисленные фотографии первой половины XX в. из научных трудов профессора Томского государственного университета М.В. Тронова (Тронов, 1949).

Для сопоставления с историческим материалом подобрано 35 современных фотографий гляциологов, альпинистов и туристов. Для большей наглядности или при отсутствии современных фотографий рассматриваемых ледников, снятых с совпадающих ракурсов, использовались объёмные реконструкции



**Рис. 3.** Ледники Майли и Колка в 1901 г. Фото М.П. Преображенской (Преображенская, 1904) (а) и в 2014 г. фото С.А. Никитина (б). Снимки сделаны с одной и той же точки

**Fig. 3.** Maily and Kolka glaciers in 1901. Photo by M.P. Preobrazhenskaya (Preobrazhenskaya, 1904 (a) and in 2014 photo by S.A. Nikitin (b). The images were taken from the same point



**Рис. 4.** Ледник Катунский. Фото Л. Полторацкой 1870 г. (а) и С.И. Борисова 1910 г. (б)  
**Fig. 4.** Katunsky Glacier. Photo by L. Poltoratskaya 1870 (a) and S.I. Borisov 1910 (b)

изображений этих ледников по космическим снимкам в программе Google Earth.

Анализ изображений подтвердил устойчивый тренд сокращения ледников Алтая с конца XIX в. до наших дней. Определена величина сокращения длины рассматриваемых ледников за период 1968–2022 гг. Для ряда ледников на снимках Sentinel-2 2022 г. обозначено положение их границ в 1968 г., которые определены по снимкам Corona. Результаты исследования космических снимков показывают, что сокращение ледников Горного Алтая происходило на всём протяжении второй половины XX в. и в начале текущего столетия. За период, прошедший после составления Каталога ледников СССР (1952 г.), ледники Российского Алтая сократились на 39% (Хромова и др., 2021).

**Камчатка.** Первые имеющиеся в нашем распоряжении фотодокументы относятся к периоду работ геологического отдела Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг. (Конради, Келль, 1925). В 1909 г. Н.Г. Келлем была сделана панорамная фотография ледника Желтый (Ключевская группа вулканов). Важный вклад в изучение оледенения Ключевской группы вулканов внёс вулканолог Б.И. Пийп. Сохранились его фотографии ледников района, сделанных в начале 1950-х годов. Сведения о ледниках Камчатки в работах первой половины XX века носят преимущественно описательный характер. Фотографий ледников, сделанных в этот период, сохранилось мало. Среди них выделяются материалы, полученные в ходе фотографирования вулканов Камчатки с воздуха в 1948 г. На них хорошо видны ледники.

С 1958 г. были начаты систематические работы по изучению современного оледенения вулканических районов Камчатки (Муравьев, 2017). Количество фотографий ледников со временем стало увеличиваться. Однако, поскольку фотографии делались в ходе маршрутных исследований или с воздуха (фотографирование ледников не было основной целью), актуальной оставалась проблема различных ракурсов съёмки. Кроме того, фотографии, сделанные с воздуха, часто не охватывают наиболее изменчивую конечную часть ледников (если основным объектом съёмки были не ледники).

Далеко не для всех ледников, расположенных на вулканах, можно подобрать подходящий ракурс при фотографировании с земли. Во-первых, если вулканическая постройка стоит обособленно, около неё может не быть подходящих

точек с хорошим обзором ледника. Во-вторых, некоторые ледники Камчатки настолько велики (например, ледники Эрмана и Богдановича), что охватить их целиком можно только с воздуха или с вершин ближайших вулканов. Дополнительно съёмку усложняет фактор погоды (прежде всего облачность), которая в горах Камчатки очень переменчива.

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

Ледники практически всех горных районов России и мира в целом в настоящее время имеют тенденцию к отступанию. Однако существуют и исключения, к которым относятся некоторые ледники Камчатки, расположенные на активных вулканах. Языки этих ледников забронированы мощной поверхностной мореной, предохраняющей их от таяния (Муравьев, 2017). Следует отметить, что механизмы воздействия активных вулканов на ледники разнообразны. Они существенно различаются по территориальному охвату, силе и длительности воздействия (Муравьев, 2020).

Ледник Козельский, спускающийся на юг с седловины между вулканами Авачинский и Козельский, находится недалеко от г. Петропавловск-Камчатский и относительно легко доступен для посещений. Фронт этого ледника практически непрерывно наступает с середины 1960-х годов. За 1967–2022 гг. он продвинулся вниз по долине примерно на 1.03 км и продолжает наступать. При этом площадь ледника Козельский за 1977–2022 гг. практически не изменилась, его объём сократился на  $34.15 \pm 6.74$  млн м<sup>3</sup>, а поверхность в среднем понизилась на 17.3 м. То есть в последние 45 лет на этом леднике происходила убыль льда и его перераспределение на более низкие гипсометрические уровни, не компенсирующееся абляцией (Муравьев и др., 2023).

Ледник Эульченок, спускающийся с вулкана Крестовский (Ключевская группа вулканов) в северном направлении, в период с 1949 по 2000 г. продвинулся вниз по долине более чем на 700 м (Муравьев и Муравьев, 2016). После 2000 г. его фронт стабилизировался и его положение практически не меняется.

На фотографиях 1948–2014 гг. можно видеть практически стационарное состояние языка ледника Жёлтый. Его положение за этот продолжительный период практически не изменилось.

Положение фронта ледника Института вулканологии, спускающегося на север с вулкана Толбачик, с 1975 г. изменилось мало. На различных участках выявлено его наступание и отступление в пределах  $50 \pm 10$  м (Муравьев и Муравьев, 2016). Фотографии ледника Кори́то на Кроноцком полуострове делались во время эпизодических работ, проводимых на нём гляциологами. Этот район труднодоступен и посещается редко. На фотографиях 1971–1997 гг. хорошо видно, как отступает фронт ледника (рис. 5).

Спускающийся с вулкана Толбачик на юго-запад ледник Черемошный относится к пульсирующим. Известна его подвижка, начавшаяся во время Большого трещинного Толбачинского извержения 1975–1976 гг. В дальнейшем наступание этого ледника подтверждалось полевыми данными 1978 и 1983 гг. В настоящее время фронт ледника отступает. К 2011 г. отступление его фронта относительно его положения в 1975 г. составило около 680–700 м (Муравьев и Муравьев, 2016).

Северная часть Срединного хребта по сравнению с другими ледниковыми районами Камчатки изучена слабо. Первая экспедиция с целью комплексного изучения вулканов и ледников была организована Камчатским отделом Географического общества СССР летом 1964 г. Повторные гляциологические исследования в этом районе велись на леднике Гречишкина в 1979 г. С тех пор других гляциологических исследований на ледниках северной части Срединного хребта не проводилось до июля 2014 г. (Муравьев, 2017). Ледники северной части Срединного хребта удалены от активных вулканов и имеют тенденцию к сокращению площади.

**Урал.** Первые фотографии ледников Приполярного Урала были получены геологом А.Н. Алешковым в 1929 г. Самый крупный из них был назван именем Э. Гофмана, посетившего эти места в середине XIX века. В 1932–1933 гг. во время проведения II Международного полярного года под руководством А.Н. Алешкова была организована Уральская ледниковая экспедиция, продолжившая исследования ледников, результаты которых были опубликованы в 1935 г. (Урал..., 1935). Они содержат описания, схемы и фотографии отдельных ледников, которые можно использовать для оценки происходящих изменений. Для сравнения даны современные фотографии этих ледников, полученные во время экспедиций Института географии РАН в 2002–2006 гг.

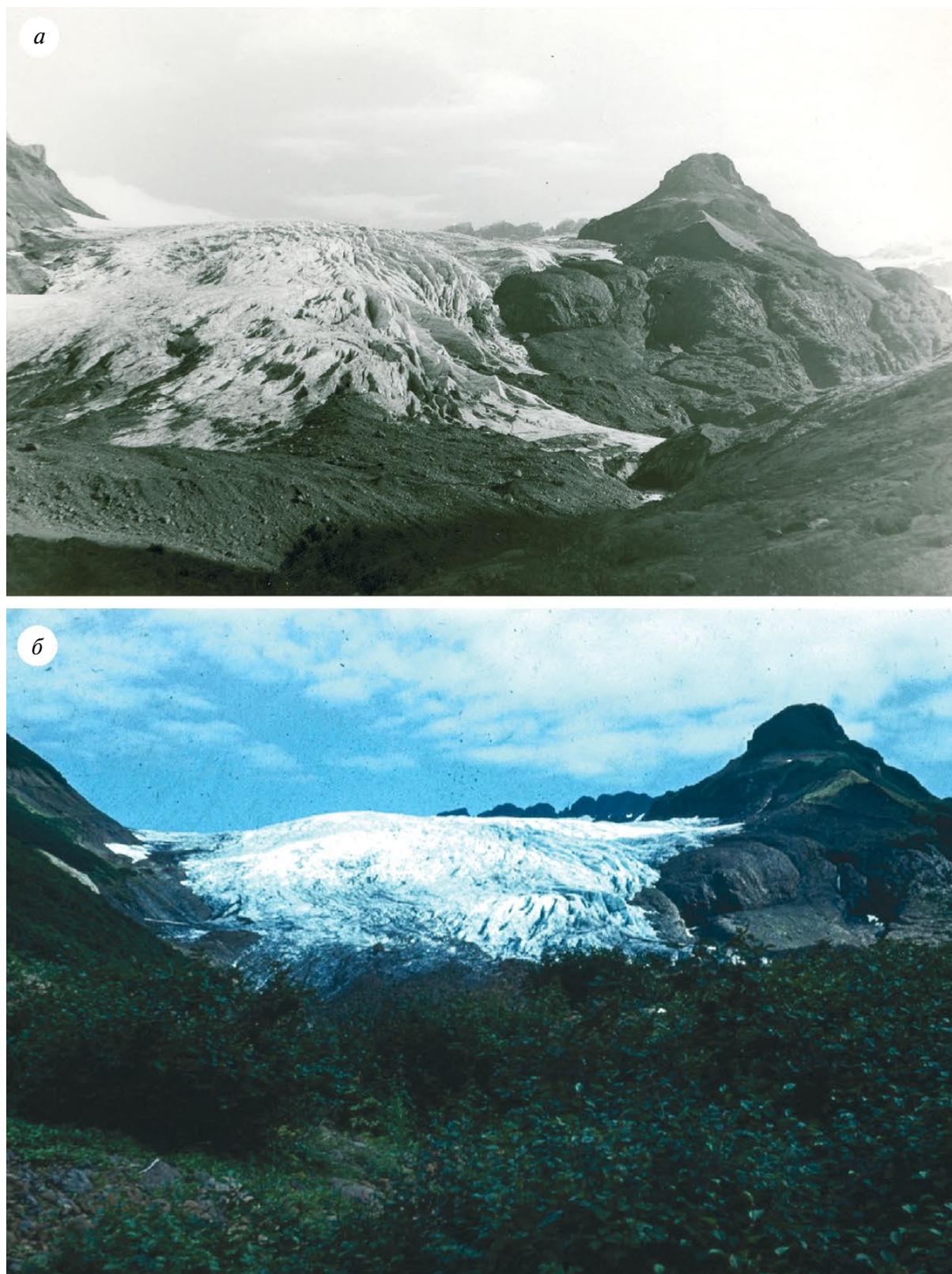
Наиболее ранние фотографии ледников Полярного Урала, представленные в архиве, относятся к периоду 1945–1953 гг. В районе Хадатинских и Щучьих озёр Л.Д. Долгушин обнаружил наиболее крупный очаг современного оледенения Урала, в который входили два крупнейших на тот момент ледника – ИГАН и МГУ. Основной объём исторических фотографий этого района был получен во время работы Полярно-Уральской экспедиции Института географии РАН в период 1956–1981 гг., когда практически ежегодно проводились гляциологические исследования на ледниках и фотогеодезический мониторинг изменений их размеров. В эти же годы выполнялась аэрофотосъёмка, использованная в дальнейшем для создания каталога ледников Урала.

После перерыва почти в четверть века исследования ледников Полярного Урала были продолжены гляциологами Института географии РАН в рамках грантов РФФИ, National Geographic и РГО. Этот период представлен фотографиями, полученными во время экспедиций 2005–2018 гг. В отдельных случаях использовались снимки, выполненные участниками туристических групп, посещавших ледники Полярного Урала. Представленные изображения свидетельствуют о существенном уменьшении размеров ледников Полярного и Приполярного Урала начиная с 20-х годов XX века.

**Хребет Кодар.** Ледники на Кодаре были обнаружены в конце XIX в. членом Русского географического общества Жозефом Мартеном, прошедшим с группой эвенков через Кодарский хребет с севера на юг (Преображенский, 1962). В 1958 и 1959 гг. эти ледники посетили участники двух экспедиций В.С. Преображенского. В 1972 г. в отделе гляциологии Института географии АН СССР был составлен Каталог ледников хребта Кодар с использованием аэрофотоснимков 1955, 1959 и 1963 гг. Выяснилось, что здесь существует 30 ледников общей площадью  $18.8 \text{ км}^2$ . По данным Э.Ю. Осипова, в 2001 г. здесь насчитывалось 42 ледника общей площадью  $11.9 \text{ км}^2$ , площадь открытой части ледников составляла 60%.

В разделе представлены фотографии ледников, сделанные во время научных экспедиций Института лимнологии СО РАН под руководством Э.Ю. Осипова с 2006 по 2021 г. из личного архива Э.Ю. Осипова.

**Восточный Саян.** Первые три ледника Центрального района в истоках Тиссы и Сенцы



**Рис. 5.** Фронт ледника Корыто на Кроноцком полуострове. Фото В.Н. Виноградова 1971 г. (а) и Я.Д. Муравьева 1982 г. (б), 1997 г. (в)

**Fig. 5.** Front of the Koryto Glacier on the Kronotsky Peninsula. Photo by V.N. Vinogradov in 1971 (a) and Ya.D. Muraviev in 1982 (b) and 1997 (v)



Рис. 5. Продолжение  
Fig. 5. Continued

обнаружил Л.А. Ячевский (1888). В 1940-х годах ледники пика Топографов были нанесены на топографические карты. 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 км<sup>2</sup>, или 48% своей площади.

Ледники массива Мунку-Сардык открыл в 1859 г. член-корреспондент Петербургской Академии наук Густав Иванович Радде (1831–1903) (Радде, 1861). С 1897 по 1906 г. их инструментальное исследование провёл С.П. Перетолчин (1908). В 2006–2008 гг. ледники Мунку-Сардыка исследовали сотрудники экспедиции Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Китов и др., 2009). В 2011–2012 гг. ледник Перетолчина посетили сотрудники Института лимнологии СО РАН (Осипов и др., 2013).

В разделе представлены фотографии ледников, сделанные во время научных экспедиций Института лимнологии СО РАН под руководством

Э.Ю. Осипова с 2011 по 2017 г. из личного архива Э.Ю. Осипова.

**Кузнецкий Алатау.** В 1967 г. преподаватель Новокузнецкого педагогического института П.С. Шпинь открыл первый ледник в верховьях р. Чёрный Июс площадью в 0.2 км<sup>2</sup> (Шпинь, 1970). По итогам экспедиций 1968–1975 гг. и результатам анализа аэрофотоснимков 1951–1953 гг. была обнаружена целая ледниковая система, состоящая из каровых, висячих и присклоновых ледников размером от 0.01 до 0.3 км<sup>2</sup>, преимущественно северо-восточной экспозиции, и составлен Каталог ледников. Сравнение размеров ряда ледников за 1966–1975 гг. с их состоянием в 1951–1953 гг. (по аэрофотоснимкам) указывает на увеличение их площади и толщины. В особенно благоприятном для оледенения 1966 г. ледники оставались погребёнными под снегом вплоть до установления снежного покрова следующего года. Аналогичную картину П.С. Шпинь предполагает для 1970, 1971, 1973 и 1975 гг.

Среди многочисленных групп ледников одной из наиболее изученных является Июско-Тер-

синская группа. Результаты гляциальных исследований этой группы ледников в 2005, 2008, 2011 и 2021 гг. показывают, что крупные ледники продолжают сокращаться. Темпы сокращения в 2011–2021 гг. замедлились по сравнению со второй половиной XX – первым десятилетием XXI в. Замедление темпов сокращения ледников напрямую связано с увеличением количества твёрдых 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 1970-е годы и М.М. Адаменко в 2010–2022 гг.

**Корякское нагорье.** Современное оледенение Корякского нагорья до сих пор остаётся малоизученным. В значительной мере это обусловлено удалённостью и труднодоступностью объекта исследований. Несколько стадий активизации криосферных процессов на протяжении периода голоцена привели в этом регионе к многообразию существующих в настоящее время гляциально-криогенных образований. Опубликованные в разные годы материалы содержат разноречивую информацию о количестве и параметрах существующих там ледников (Николаев, Колосов, 1939; Васьковский, 1955; Сватков, 1965; Каталог ледников СССР, 1982). Последние инструментальные гляциологические исследования были проведены в этом районе в 1961 г. экспедицией Института географии РАН (Сватков, Цветков, 1965).

Сравнение топоплана ледников Нежданный и Соседний, построенного по результатам стереофотограмметрической съёмки 1961 г., с космическими снимками SPOT 6 (август 2017 г.) позволило оценить сокращение площади ледников за это время. Площадь этих ледников сократилась на 15.2% (0.75 км<sup>2</sup>), объём – на 71.74±16.51 млн м<sup>3</sup>. Их поверхность понизилась в среднем на 16.7 м. На фоне деградации ледника развивается процесс его преобразования в каменный глетчер (Носенко и др., 2022).

В архиве представлены также три небольшие горно-ледниковые системы, открытые сравнительно недавно. Это малые ледники **Байкальского, Баргузинского и Ангарского хребтов**. В наше распоряжение были предоставлены современные снимки ледников, полученные авторами во время экспедиций с начала 2000-х годов. Это фотографии ледника Черского (Байкальский хребет), сделанные в 2004, 2013, 2015 и 2021 гг. участниками научных экспедиций К.Е. Вершининым,

Э.Ю. Осиповым и А.А. Абрамовым, фотографии А.А. Абрамова 2021 г. ледника Урел-Амутис (Баргузинский хребет). Ледник Огында-Маскит (Верхнеангарский хребет) был сфотографирован Г.Ю. Пакиным (2018 г.) и А.А. Абрамовым (2019 и 2021 гг.) во время экспедиционных работ (Ананичева и др., 2019).

**Северная Земля.** Документальные свидетельства о состоянии ледников Северной Земли имеют очень краткую историю. Сам архипелаг Северная Земля был открыт только в 1913 г. Первые сведения о ледниках архипелага, их фотографии и карта, на которых изображены их примерные границы и высоты, относятся к 1930–1932 гг., когда на Северной Земле работала известная экспедиция Н.Н. Урванцева и Г.А. Ушакова.

Важным объектом, как с точки зрения самой длительной серии документальных свидетельств о состоянии ледника, так и научной важности этих сведений, является шельфовый ледник *Матусевича*, который находится в восточной части о. Октябрьской Революции. Он был образован слиянием семи выводных ледников, спускающихся с ледникового купола Русанова (на севере) и ледникового купола Карпинского (на юге), и занимает часть фьорда Матусевича. Этот шельфовый ледник был открыт 8 апреля 1931 г. Г.А. Ушаковым и в том же 1931 г., 8–11 июня при его повторном пересечении Н.Н. Урванцев сделал его подробное описание и составил карту масштаба 1:1 500 000, на которой достаточно подробно нанесены границы шельфового ледника Матусевича и его окружения (Урванцев, 1935).

В том же 1931 г. с 26 по 30 июня состоялся известный полёт дирижабля LZ 127 «Граф Цеппелин» в Российскую Арктику. Дирижабль посетил Новую Землю, Землю Франца-Иосифа и Северную Землю. Во время полёта производилась аэрофотосъёмка, которая очень подробно захватила ледник Матусевича. После обработки материалов аэросъёмки «Цеппелина» была составлена и опубликована карта по маршруту его полёта на Северной Земле (1:400 000) и более подробная карта-врезка района ледника Матусевича (Gruber, 1931).

Затем был длинный период, когда шельфовый ледник не посещался, но по данным аэрогеодезических съёмок 1950-х годов были сделаны топографические карты, а с началом космических наблюдений появилась серия космических изображений Landsat, ASTER,

Sentinel-2, позволяющая сопоставить их с первыми картами и в результате их обобщений составить схемы, показывающие, как изменялся шельфовый ледник Матусевича за последние 80 лет (Michael et al., 2015).

После разрушения в августе 2020 г. от шельфового ледника оставалась только его северная часть в бухте Красная (площадью около 40 км<sup>2</sup>), которая к августу 2024 г. сократилась ещё до 25 км<sup>2</sup>. Бухта Сказочная, прежде отгороженная ледником, теперь напрямую соединяется с морем.

В 1931 г. площадь ледника Матусевича составляла около 232.8 км<sup>2</sup>. С тех пор край ледника то несколько выдвигался, то отступал – примерно с 30-летним периодом – так что площадь ледника то росла, то убывала, но всегда превышала 200 км<sup>2</sup> (1953 – 241.1 км<sup>2</sup>, 1984 – 217.2 км<sup>2</sup>, 1988 – 222.1 км<sup>2</sup>). Но в августе – начале сентября 2012 г., который был аномально тёплым годом в Арктике, произошло его крупнейшее разрушение – от ледника осталось меньше половины площади (97.7 км<sup>2</sup>). Далее ледник продолжал разрушаться, и последние события после августа 2020 г. свидетельствуют о том, что ледник навряд ли имеет шансы для восстановления, а скорее будет и дальше деградировать.

В разделе представлены материалы, иллюстрирующие историю ледника Матусевича: карта 1931 г., составленная Н.Н. Урванцевым, аэрофотосъёмка с дирижабля LZ 127 «Графа Цеппелин»; карта по маршруту полёта дирижабля LZ 127 «Граф Цеппелин» на Северной Земле; фотография с вертолёта 21 августа 2014 г.; фотографии и участок топокарты 1985 года; фрагмент изображения Sentinel-1 от 12 июля 2013 г.; карта З. Запрудновой и А. Шарова (2014 г.); дезинтеграция шельфового ледника Матусевича на Северной Земле 1931–2014 гг.; схема «Изменение края ледника Матусевича 1931–2013 гг.» (Willis et al., 2015); анимация разновременных космических изображений: 12 марта – 12 августа и 5 августа – 4 октября 2020 г.

Ещё один динамичный объект на архипелаге Северная Земля – это *купол Вавилова*. Разновременные космические снимки и топокарты показывают, что с 1963 г. край западного бассейна этого ледникового купола, обрамлённый полосою мореносодержащего льда шириной до 500 м, начал медленно выдвигаться в сторону моря. Это продвижение захватило кромку ледникового купола протяжённостью около 7 км, располагавшуюся ближе всего к береговой линии. В первое десятилетие, с 1963 по 1973 г., наступание

было очень медленным: от 2–5 м/год по краям лопасти до 12 м/год в осевой части её фронта. С 1980-х годов продвижение стало ускоряться: от первых десятков метров в год до первой сотни метров в год в 2000-х годах. Перелом наступил в 2012 г., когда фронт стал выдвигаться уже со скоростями около 0.5 км/год, а максимальные темпы продвижения, составляющие 4.5 км/год, были отмечены в 2016 г. Всего за период с 1963 по 2017 г. край ледника выдвинулся на 11.7 км, а его площадь увеличилась на 134.1 км<sup>2</sup> (Бушуева и др., 2018). В 2020 г. форма фронта и его положение стабилизировались (на глубинах моря 40–50 м). Но приток льда продолжается, при этом быстрая струя льда шириной около 8 км сейчас прорывается сквозь замедлившуюся лопасть, выростая за предыдущие годы. Скорости движения льда в этой струе несколько убывали к 2020 г. (по сравнению с 2016–2019 гг., когда они достигали 15–25 м/сутки), но сохраняются их сезонные колебания: в августе 2020 г. – 7–8.5 м/сутки (2.6–3.1 км/год), в апреле 2020 г. – 1.2–3 м/сутки (0.4–0.7 км/год).

Площадь образовавшейся лопасти в 2020 г. была около 134.7 км<sup>2</sup> (Бушуева и др., 2018). Фронт ледника выдвинулся в море более чем на 13 км. Поверхность лопасти возвышается над морем более чем на 60 м (налегая на морское дно глубиной в среднем около 40 м). В лопасти содержится более 10 км<sup>3</sup> льда, который был вынесен из тела ледникового купола в море, в результате чего поверхность всего ледосборного бассейна купола просела в среднем на 35 м. В 2020 г. приток льда в лопасть продолжался в объёме около 0.7 км<sup>3</sup> льда в год. В разделе представлено 40 космических снимков Landsat с 1985 по 2020 г. иллюстрирующих процесс подвижки.

**Новая Земля.** Оледенение Новой Земли известно ещё с XIII–XIV вв. Её берега посещались русскими, голландскими, английскими и другими исследователями и промысловиками. Ещё в 1596–1597 г. Виллем Баренц обогнул Новую Землю с севера и описал ледяные берега и айсберги. В 1877 г. на Южном острове возник посёлок Малые Кармакулы. В последующие годы в различных районах архипелага проводились метеорологические, гидрографические и гляциологические исследования, в 1909 г. полярный исследователь Владимир Русанов обследовал архипелаг и составил его картографическое описание. Во время второго Международного полярного года (МПГ) в 1932–1933 гг. экспедицией Арктического института под руководством М.М. Ермолаева были получены

сведения о движении льда, морфологии и строении ледникового покрова, его толщине.

В 1952 г. была проведена аэрофотосъёмка архипелага. В 1958 и 1959 гг. на западном склоне ледникового покрова Новой Земли (район Русской Гавани) детальные исследования по программе Международного геофизического года (МГГ) проводила экспедиция Института географии АН СССР. По результатам этих работ и материалам аэрофотосъёмок был составлен Каталог ледников.

Оледенение Новой Земли деградирует. За период с 1913 по 1933 г. его площадь сократилась на 0.4%; с 1933 по 1959 г. — на 2.2%; с 1959 по 1973 г. — на 1.4% и за 1973–1988 г. — на 0.7% (Ali et al., 2023). По одной из последних оценок с 1952 по 2012 г. площадь горных ледников на Северном и Южном островах уменьшилась на 150 км<sup>2</sup> (11.7%), в области полупокровного оледенения — на 180 км<sup>2</sup> (5.7%); площадь покровного оледенения уменьшилась на 250 км<sup>2</sup> (1.2%). В целом по архипелагу сокращение площади составило за этот период 580 км<sup>2</sup> (2.4%), объём льда уменьшился на 160 км<sup>3</sup>.

Практически все фронты выводных ледников с 1952 г. отступали, за исключением ледника Броунова, который продвинулся в среднем на 170 м, увеличив площадь на 0.28 км<sup>2</sup> (Carr et al., 2014). В результате сокращения ледников внешние части фьордов и подледниковых долин освободились ото льда и возникли новые заливы и бухты, например, у ледников Вера, Мака и Велькена. Прежние нунатаки превратились в острова и мысы, появились новые участки берега, свободные ото льда. В среднем за 50 лет (1952–2001 гг.) выводные ледники отступили на 1.5 км; максимальное отступление (ледник Кривошеина и Жан) составило 5.7 км. Скорость отступления выводных ледников на побережье Карского моря (19 м/год) в 1.8 раза ниже, чем на побережье Баренцева моря (34 м/год). При этом ледники, заканчивающиеся в море, отступали намного быстрее, чем те, что лежат целиком на суше. По данным измерений на шести выводных ледниках, общий айсберговый сток с ледников Новой Земли оценивается примерно в 1 км<sup>3</sup>/год. Судя по имеющимся данным потери массы льда на архипелаге оцениваются в  $-11.2 \pm 5.5$  км<sup>3</sup>/год за период 2004–2008 гг. и  $-5.2 \pm 3.9$  км<sup>3</sup>/год 2008–2012 гг.

В разделе помещены фрагменты аэрофотоснимков 1952 г. трёх выводных ледников (Ru10-02.0257, Ru10-02.0258, Ru10-02.0265). Для сравнения

приведены космические снимки Landsat-9 2022 г. Ледники за 70 лет отступили в среднем на 10.5 км и потеряли по площади в среднем 3.7 км<sup>2</sup>. Ледник Павлова (Ru10-02.0012) напротив, демонстрирует явное продвижение, связанное с пульсацией в 1986–2000 гг. Он увеличил площадь на 3.2 км<sup>2</sup> и продвинулся на 1.3 км к 2000–2001 гг. по сравнению с 1986–1989 гг. (Carr et al., 2014). Однако в течение второго временного периода (2000–2001–2019–2021 гг.) ледник отступил и показал резко отрицательное изменение площади в  $-3.4\%$  между 1986–1989 и 2019–2021 гг.

В целом в XX–XXI вв. шельфовые ледники всей Арктики катастрофически убывали и продолжают убывать. Это связано как с повышением летних температур воздуха, так и, вероятно, с потеплением морских вод, в результате чего усиливается таяние на верхней и нижней поверхностях ледников, и они теряют устойчивость.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате реализации проекта созданы временные ряды изображений ледников Кавказа, Алтая, Камчатки, хребтов Кодар, Восточный Саян, Байкальский, Баргузинский, Верхнеангарский, Корякского нагорья, Кузнецкого Алатау, Новой Земли, Северной Земли. Анализ полученных данных подтверждает устойчивый тренд отступления фронтов ледников во всех представленных районах. Но есть и исключения. Это динамически неустойчивые ледники и ледники вулканических районов. На Камчатке в районах активного вулканизма ледники, преимущественно, находятся в стационарном состоянии. Ряд ледников при этом в последние десятилетия наступает. На Кавказе восстанавливается после катастрофы 2002 г. пульсирующий ледник Колка. Продолжается развитие подвижки выводного ледника купола Вавилова на Северной Земле.

Самый важный результат работы — это создание и развитие архива изображений ледников России, который представляет собой пополняемый информационный ресурс. Организован широкий доступ к данным на специализированном сайте ([google.com...](https://google.com), 2025). На начало 2025 г. на сайте размещено более 1500 изображений ледников. Созданный архив, по аналогии с другими подобными коллекциями, представляет собой источник фактических исторических данных о ледниках. Это расширяет наши знания о состоянии ледников в прошлом

и позволяет уточнить результаты моделирования и прогноза их будущего развития.

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. Планируется расширение и пополнение архива изображений ледников России.

**Благодарности.** Исследование выполнено в рамках темы Государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0004.

**Acknowledgements.** The study was carried out within the framework of the research project FMWS-2024-0004 of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адаменко М.М., Гутак Я.М., Треньков И.П. Современные тенденции развития малого оледенения гор Кузнецкого Алатау на примере ледников Июско-Терсинской группы // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46. № 1. С. 40–52. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-40-52>
- Ананичева М.Д., Пакин Г.Ю., Энтин А.Л. Исследования Верхнеангарской группы ледников // Лёд и Снег. 2019. Т. 59. № 3. С. 423–432. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-3-415>
- Архив изображений ледников России // Электронный ресурс. <https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers> (Дата обращения: 04.03.2025).
- Атлас ледников Эльбруса. Ч. 1. Фотоснимки ледников. М.: Изд-во МГУ, 1965. 30 с.
- Буш Н.А. Ледники Западного Кавказа // Записки Императорского Русского географического общества по общей географии. СПб.: Тип. Имп. Акад. Наук, 1905. Т. 32. № 4. 134 с.
- Бушуева И.С., Глазовский А.Ф., Носенко Г.А. Развитие подвижки в западной части ледникового купола Вавилова на Северной Земле в 1963–2017 гг. // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 3. С. 293–306. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-3-293-306>
- Васьковский А.П. Размеры современного оледенения на Северо-Востоке СССР // Колыма. 1955. № 10. С. 42–45.
- Каталог ледников СССР. М.; Л.: Гидрометеиздат, 1965–1982.
- Китов А.Д., Коваленко С.В., Плюсин В.М. Итоги 100-летних наблюдений за динамикой гляциальных геосистем массива Мунку-Сардык // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С. 101–108.
- Конради С.А., Кель Н.Г. Геологический отдел Камчатской экспедиции 1908–1911 гг. // Изв. РГО. 1925. Т. 57. Вып. 1. С. 3–32.
- Котляков В.М., Рототаева О.В., Носенко Г.А., Десинев Л.В., Осокин Н.И., Чернов Р.А. Кармадонская катастрофа: что случилось и чего ждать дальше. М.: Издательский дом «Кодекс», 2014. 184 с.
- Муравьев А.Я. Колебания ледников Камчатки во второй половине XX – начале XXI вв. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: Реллет, 2017. 23 с.
- Муравьев А.Я. Распределение и морфология современных ледников Камчатки // Лёд и Снег. 2020. Т. 60. № 3. С. 325–342. <https://doi.org/10.31857/S2076673420030043>
- Муравьев А.Я., Муравьев Я.Д. Колебания ледников Ключевской группы вулканов во второй половине XX – начале XXI века // Лёд и Снег. 2016. Т. 56. № 4. С. 480–492. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-4-480-492>
- Муравьев А.Я., Носенко Г.А., Миронов И.К., Двигалов В.Н., Муравьев Я.Д. Баланс массы ледника Козельский на Камчатке за 1977–2022 гг. // Лёд и Снег. 2023. Т. 63. № 3. С. 317–331. <https://doi.org/10.31857/S2076673423030079>
- Николаев И.Г., Колосов Д.М. Современные ледники в Корьяцком хребте // Изв. Гос. геогр. об-ва. 1939. Т. 71. Вып. 8. С. 1154–1162.
- Носенко Г.А., Хромова Т.Е., Рототаева О.В., Шахгеданова М.В. Реакция ледников Центрального Кавказа в 2001–2010 гг. на изменение температуры и количества осадков // Лёд и Снег. 2013. № 1 (121). С. 26–33.
- Носенко Г.А., Муравьев А.Я., Никитин С.А. Баланс массы ледников Корьяцкого нагорья Нежданый и Соседний за 1961–2016 гг. // Лёд и Снег. 2022. Т. 62. № 1. С. 5–16. <https://doi.org/10.31857/S2076673422010112>
- Осипов Э.Ю., Ашметьев А.Ю., Осипова О.П., Клевцов Е.В. Новая инвентаризация ледников в юго-восточной части Восточного Саяна // Лёд и Снег. 2013. № 3 (123). С. 45–54.
- Перетолчин С.П. Ледники хребта Мунку-Сардык // Изв. Томского технологич. ин-та. 1908. Т. 9. Вып. 1. 47 с.
- Полторацкая Л.К. Альбом типов и видов Западной Сибири. СПб., 1879. 30 с.
- Преображенская М.П. Вокруг Казбека // Ежегодник Русского горного общества. 1904. Т. 2. С. 56–77.
- Преображенский В.С. Исследование Кодарского ледникового района (Забайкалье) // МГИ. 1962. Вып. 4. С. 106–108.
- Радде Г.И. Путешествие в Юго-Восточную Сибирь // Зап. ИРГО. 1861. Кн. 4. С. 1–78.

- Роттаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н.* Исследование пульсирующего ледника Колка. М.: Наука, 1983. 169 с.
- Сапожников В.В.* По Алтаю: дневник путешествия 1895 г. Томск: Паровая типолитография П.И. Макушина, 1897. 127 с.
- Сапожников В.В.* Катунь и её истоки: путешествия 1897–1899 гг. Томск: Паровая типолитография П.И. Макушина, 1901. 271 с.
- Сватков Н.М., Цветков Д.Г.* Исследование ледников центральной части Корякского нагорья // Тепловодной и водный режим снежно-ледниковых толщ. М.: Наука, 1965. С. 31–65.
- Сватков Н.М.* Современное оледенение хребта Малиновского // МГИ. 1965. Вып. 15. С. 111–119.
- Тронов М.В.* Очерки оледенения Алтая. М.: Географгиз, 1949. 376 с.
- Урал. Приполярные районы (Труды ледниковых экспедиций. Вып. 4) / Под ред. С.В. Калесника. Л.: ЦУЕГМС, 1935. 315 с.
- Фонд В. Селлы // Электронный ресурс. URL: <https://www.fondazionebella.org/photo-funds/sella-vittorio-5/> (Дата обращения: 04.03.2025).
- Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Глазовский А.Ф., Муравьев А.Я., Никитин С.А., Лаврентьев И.И.* Новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016–2019 гг.) // Лёд и Снег. 2021. Т. 61. № 3. С. 341–358.  
<https://doi.org/10.31857/S2076673421030093>
- Урванцев Н.Н.* Два года на Северной Земле. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1935. 362 с.
- Шпиль П.С.* К вопросу об особенностях современного оледенения Кузнецкого Алатау // Вопросы географии Кузбасса и Горного Алтая. Новокузнецк, 1970. Вып. 3. С. 118–124.
- Ali A., Dunlop P., Coleman S., Kerr D., McNabb R.W., Noormets R.* Glacier area changes in Novaya Zemlya from 1986–89 to 2019–21 using object-based image analysis in Google Earth Engine // Journ. of Glaciology. 2023. V. 69. № 277. 1305–1316.  
<https://doi.org/10.1017/jog.2023.18>
- Carr J.R., Stokes C., Vieli A.* Recent retreat of major outlet glaciers on Novaya Zemlya, Russian Arctic, influenced by fjord geometry and sea-ice conditions // Journ. of Glaciology. 2014. V. 60. № 219. P. 155–170.  
<https://doi.org/10.3189/2014JoG13J122>
- Déshi von M.* Kaukasus. Reisen und Forschungen im kaukasischen Hochgebirge. Bd. I–III. Berlin, 1905–1907. 1544 p.
- google.com // Электронный ресурс. URL: <https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers> (Дата обращения: 04.03.2025).
- Gruber O.V.* Über die photogrammetrische Ausrüstung des “Graf Zeppelin” auf der Arktisfahrt 1931, über die Auswertungsmethoden und die bisherigen Ergebnisse aus dem gewonnenen Aufnahmematerial // Petermanns Geographische Mitteilungen. Gotha, 1931. URL: <https://epic.awi.de/id/eprint/37271>
- National Snow and Ice Data Center (NSIDC) // Электронный ресурс. [http://nsidc.org/data/glacier\\_photo/index.html](http://nsidc.org/data/glacier_photo/index.html) (Дата обращения: 04.03.2025).
- Shahgedanova M., Nosenko G., Kutuzov C., Rototaeva O., Khromova T.* Deglaciation of the Caucasus Mountains, Russia/Georgia, in the 21<sup>st</sup> century observed with ASTER satellite imagery and aerial photography // The Cryosphere. 2014. V. 8. № 6. P. 2367–2379.  
<https://doi.org/10.5194/tc-8-2367-2014>
- Tielidze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., Paul F.* Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus over the past two decades // The Cryosphere. 2022. V. 16. № 2. P. 489–504.  
<https://doi.org/10.5194/tc-16-489-2022>
- Willis M.J., Melkonian A.K., Pritchard M.E.* Outlet glacier response to the 2012 collapse of the Matusevich Ice Shelf, Severnaya Zemlya, Russian Arctic // Journ. of Geophys. Research. Earth Science. 2015. V. 120. № 10. P. 2040–2055.  
<https://doi.org/10.1002/2015JF003544>

Citation: *Khromova T.E., Nikitin S.A., Muraviev A.Ya., Nosenko G.A., Glazovsky A.F. Archive of images of Russian glaciers. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2025, 65 (2): 191–209. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673425020011*

## Archive of Images of Russian Glaciers

© 2025 T. E. Khromova<sup>#</sup>, S. A. Nikitin, A. Ya. Muraviev, G. A. Nosenko, A. F. Glazovsky

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>#</sup>*e-mail: tkhromova@gmail.com*

Received March 4, 2025; Revised April 3, 2025; Accepted April 18, 2025

Historical materials, including photographic records, play an important role in the study of glacier dynamics. Archives scattered around the world contain collections of glacier images from the mid-19<sup>th</sup> century to the present day. In Russia, until recently, such systematized and accessible data were practically absent. For the first time work on compiling such a collection in Russia was started at the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences with the support of the Russian Geographic Society. Images of glaciers were searched in the archives of Institute of Geography RAS, Tomsk State University, Moscow State University, Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Institute of Limnology SB RAS, the library of the Russian Geographical Society, scientific publications, personal archives, and the Internet. Special attention was paid to the availability of historical documents dating back to the mid-19<sup>th</sup> – early 20<sup>th</sup> century. For comparison with historical images, modern photographs of the beginning of the 21<sup>st</sup> century taken from the same points were selected. As a result of the project, time series of images of glaciers of the Caucasus, Altai, Kamchatka, Kodar, Eastern Sayan, Baikal, Barguzinsky, Verkhneangarsky, Koryak Plateau, Kuznetsk Alatau, Novaya Zemlya, Severnaya Zemlya ranges were created. Analysis of the data obtained confirms the stable trend of glacier fronts retreat in all represented areas. But there are some exceptions. These are dynamically unstable glaciers and glaciers of volcanic areas of Kamchatka. In the Caucasus, the surging Kolka glacier is recovering after the catastrophe of 2002. The surge of the Vavilov Ice Cap outlet glacier on Severnaya Zemlya continues. Access to the data is a website (<https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers>). As of the beginning of 2025, more than 1500 glacier images have been placed on the site. The data can be used both in scientific research for detailed analysis of glacier changes and for a wide audience actively interested in the nature of mountain and polar regions of Russia. It is planned to expand and replenish the archive of images of Russian glaciers.

**Keywords:** glaciers, glacier images, climate change, glacier changes

### REFERENCES

- Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Trenkov I.P.* Modern trends in the development of small glaciation of the Kuznetsk Alatau mountains on the example of glaciers of the Iyusko-Tersinskaya group. *Regionalnye geosistemy. Regional geosystems*. 2022, 46 (1): 40–52. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-40-52> [In Russian].
- Ananicheva M.D., Pakin G.Yu., Entin A.L.* Exploration of the Upper Angara group of glaciers. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2019, 59 (3): 423–432. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-3-415> [In Russian].
- Archive of images of glaciers in Russia. Retrieved from: URL: <https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers> (Last access: March 4, 2025). [In Russian].
- Atlas lednikov Elbrusa, Chast 1 Fotografii lednikov.* Atlas of Elbrus glaciers. Part 1. Photographs of glaciers. Moscow: Moscow University Publishing House, 1965: 30 p. [In Russian].
- Bush N.A.* Glaciers of Western Caucasus. *Zapiski Imperatorskogo Russkogo Geographicheskogo obshchestva po obsheq geographii.* Notes of the Imperial Russian Geographical Society on General Geography. St. Petersburg: Imp. Acad. of Sciences, 1905, 32 (4): 134 p. [In Russian].
- Bushueva I.S., Glazovsky A.F., Nosenko G.A.* Surge development in the western sector of the Vavilov Ice Cap, Severnaya Zemlya, 1963–2017. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2018, 58 (3): 293–306. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-3-293-306> [In Russian].

- Vaskovski A.P. Dimensions of modern glaciation in the North-East of the USSR. *Kolyma*. Kolyma. 1955, 10: 42–45 [In Russian].
- Katalog lednikov SSSR. USSR Glacier Inventory. Moscow; Leningrad: Hydrometeoizdat, 1965–1982 [In Russian].
- Kitov A.D., Kovalenko C.V., Plyusnin V.M. Results of 100-year observations of the dynamics of glacial geosystems of the Munku-Sardyk massif. *Geografiya i prirodnye resursy*. Geography and natural resources. 2009, 3: 101–108 [In Russian].
- Konradi C.A., Kell N.G. Geological Department of the Kamchatka Expedition 1908–1911. *Izvestiya RGO*. News of RGS. 1925, 57 (1): 3–32 [In Russian].
- Kotlyakov V.M., Rototaeva O.V., Nosenko G.A., Desinov L.V., Osokin N.I., Chernov P.A. *Karmadonskaya katastrofa: chto sluchilos i chto zhdet dalshe*. The Karmadon disaster: what happened and what to expect next. Moscow: Publishing House “Kodeks”, 2014: 184 p. [In Russian].
- Muraviev A.Ya. *Kolebaniya lednikov Kamchatki vo vtoroi polovine XX – nachale XXI veka*. Glacier fluctuations in Kamchatka in the second half of XX – beginning of XXI centuries. PhD thesis. Moscow: Institute of Geography RAS, 2017: 168 p. [In Russian].
- Muraviev A.Ya. Distribution and morphology of present-day glaciers on Kamchatka. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2020, 60 (3): 325–342. <https://doi.org/10.31857/S2076673420030043> [In Russian].
- Muraviev A.Ya., Muraviev Ya.D. Fluctuations of glaciers of the Klyuchevskaya group of volcanoes in the 20<sup>th</sup>–21<sup>st</sup> centuries. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2016, 56 (4): 480–492. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-4-480-492> [In Russian].
- Muraviev A.Ya., Nosenko G.A., Mironov I.K., Dvigalo V.N., Muraviev Ya.D. The Mass Balance of the Kozelsky Glacier in Kamchatka for 1977–2022. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2023, 63 (3): 317–331. <https://doi.org/10.31857/S2076673423030079> [In Russian].
- National Snow and Ice Data Center (NSIDC). Retrieved from: URL: [http://nsidc.org/data/glacier\\_photo/index.html](http://nsidc.org/data/glacier_photo/index.html) (Last access: March 4, 2025).
- Nikolaev I.G., Kolosov D.M. Modern glaciers in the Koryatsky ridge. *Izvestiya Gosudarstvennogo geograficheskogo obshchestva*. News of the State Geographical Society 1939, 71 (8): 1154–1162 [In Russian].
- Nosenko G.A., Khromova T.E., Rototaeva O.V., Shakhgedanova M.V. Glacier reaction to temperature and precipitation change in Central Caucasus, 2001–2010. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2013, 53 (1): 26–33. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-1-26-33> [In Russian].
- Nosenko G.A., Muraviev A.Ya., Nikitin S.A. Mass balance of the Nezhdanniy and Sosedny glaciers of the Koryak Highlands in 1961–2016. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2022, 62 (1): 5–16. <https://doi.org/10.31857/S2076673422010112> [In Russian].
- Osipov E.Y., Ashmetiev A.Y., Osipova O.P., Klevtsov E.V. New inventory of glaciers in southeastern part of the Eastern Sayan Mountains. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2013, 3 (123): 45–54. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-3-45-54> [In Russian].
- Peretolchin C.P. Glaciers of the Munku-Sardyk Range. *Izvestiya Tomskogo tehnologicheskogo instituta*. Proceedings of the Tomsk Technological Institute. 1908, 9 (1): 47 p. [In Russian].
- Poltoratzhkaya L.K. *Albom tipov i vidov Zapadnoi Sibiri*. Album of types and species of Western Siberia. St. Petersburg, 1879: 30 p. [In Russian].
- Preobrazhenskaya M.P. Around Kazbek. *Ezhгодnik Russkogo gornogo obshchestva*. Yearbook of the Russian Mountain Society. 1904, 2: 56–77 [In Russian].
- Preobrazhenski V.S. Study of the Kodar glacial region (Transbaikalia). *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1962, 4: 106–108 [In Russian].
- Radde G.I. Journey to South-Eastern Siberia. *Zapiski IRGO*. Notes of IRGS. 1861, 4: 1–78. [In Russian].
- Rotottaev K.P., Khodakov V.G., Krenke A.N. *Issledovanie pulsiruyushogo lednika*. Study of the Kolka surging glacier. Moscow: Nauka, 1983: 169 p. [In Russian].
- Sapozhnikov V.V. *Po Altayu: dnevnik guteshestviya 1895 g.* On the Altai: diary of a trip in 1895. Tomsk: Parovaya tipolitografiya P.I. Makushina, 1897: 127 p. [In Russian].
- Sapozhnikov V.V. *Katun I ee isroki: puteshestviya 1897–1899 gg.* The Katun and its sources: travels 1897–1899 yy. Tomsk: Parovaya tipolitografiya P.I. Makushina, 1901: 271 p. [In Russian].
- Svatkov N.M., Tsvetkov D.G. Study of glaciers in the central part of the Koryak Upland. *Teplovoy i vodnyy rezhim snezhno-lednikovyykh tolshch*. Thermal and water regime of snow-glacial strata. Moscow: Science, 1965: 31–65. [In Russian].
- Svatkov N.M. Modern glaciation of the Malinovsky ridge. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1965, 15: 111–119. [In Russian].
- Tronov M.V. *Ocherki oledeneniya Altaya*. Essays on the glaciation of Altai. Moscow: Geographgiz, 1949: 376 p. [In Russian].
- Ural. *Pripolyarnyye raiony (Trudy lednikovukh ekspeditsiy, Vyp. 4)*. Pod red. C.V. Kalesnika. Ural. Subpolar regions (Proceedings of glacial expeditions. V. 4). Leningrad: TzhUEGMS, 1935: 315 p. [In Russian].

- V. Sella Foundation. Retrieved from: URL: <https://www.fondazionebella.org/photo-funds/sella-vittorio-5/> (Last access: March 4, 2025).
- Khromova T.Y., Nosenko G.A., Glazovsky A.F., Muraviev A.Ya., Nikitin S.A., Lavrentiev I.I.* New Inventory of the Russian glaciers based on satellite data (2016–2019). *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2021, 61 (3): 341–358. <https://doi.org/10.31857/S2076673421030093> [In Russian].
- Urvantzhev N.N.* *Dva goda na Severnoi Zemle*. Two years on Severnaya Zemlya. Leningrad: Izdatelstvo Glavsevmorpyti, 1935: 362 p. [In Russian].
- Shpin P.C.* To the question about the peculiarities of modern glaciation of Kuznetsk Alatau. *Voprosy geographii Kyzbassa i Gornogo Altaia*. Issues of Geography of Kuzbass and Mountain Altai. Novokuznetsk, 1970, 3: 118–124. [In Russian].
- Ali A., Dunlop P., Coleman S., Kerr D., McNabb R.W., Noormets R.* Glacier area changes in Novaya Zemlya from 1986–89 to 2019–21 using object-based image analysis in Google Earth Engine. *Journ. of Glaciology*. 2023, 69 (277): 1305–1316. <https://doi.org/10.1017/jog.2023.18>
- Carr J.R., Stokes C., Vieli A.* Recent retreat of major outlet glaciers on Novaya Zemlya, Russian Arctic, influenced by fjord geometry and sea-ice conditions // *Journ. of Glaciology*. 2014, 60 (219): 155–170. <https://doi.org/10.3189/2014JoG13J122>
- Déshi von M.* Kaukasus. Reisen und Forschungen im kaukasischen Hochgebirge. Bd. I–III. Berlin, 1905–1907: 1544 p.
- google.com: official site. Retrieved from: URL: <https://sites.google.com/view/images-of-russian-glaciers> (Last access: March 4, 2025).
- Gruber O.V.* Über die photogrammetrische Ausrüstung des “Graf Zeppelin” auf der Arktisfahrt 1931, über die Auswertungsmethoden und die bisherigen Ergebnisse aus dem gewonnenen Aufnahmematerial // *Petermanns Geographische Mitteilungen*. Gotha, 1931. Retrieved from: URL: <https://epic.awi.de/id/eprint/37271>
- Shahgedanova M., Nosenko G., Kutuzov C., Rototaeva O., Khromova T.* Deglaciation of the Caucasus Mountains, Russia/Georgia, in the 21<sup>st</sup> century observed with ASTER satellite imagery and aerial photography. *The Cryosphere*. 2014, 8 (6): 2367–2379. <https://doi.org/10.5194/tc-8-2367-2014>
- Tielidze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., Paul F.* Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus over the past two decades. *The Cryosphere*. 2022, 16 (2): 489–504. <https://doi.org/10.5194/tc-16-489-2022>
- Willis M.J., Melkonian A.K., Pritchard M.E.* Outlet glacier response to the 2012 collapse of the Matusevich Ice Shelf, Severnaya Zemlya. *Russian Arctic. Journ. of Geophys. Research. Earth Science*. 2015, 120 (10): 2040–2055. <https://doi.org/10.1002/2015JF003544>