

# Палеогляциология

УДК 551.324.63

doi:10.15356/2076-6734-2015-3-97-106

## История ледника Алибек по данным дистанционного зондирования, биоиндикации, $^{14}\text{C}$ и $^{10}\text{Be}$ датирования

© 2015 г. И.С. Бушueva<sup>1</sup>, О.Н. Соломина<sup>1,2</sup>, В. Жомелли<sup>3</sup><sup>1</sup>Институт географии РАН, Москва; <sup>2</sup>Томский государственный университет;<sup>3</sup>Университет Париж 1 Пантеон-Сорбонна, Национальный центр научных исследований, Франция  
*irinasbushueva@gmail.com*

## History of Alibek Glacier based on Earth remote sensing images, bioindication and cosmogenic isopotes ( $^{14}\text{C}$ and $^{10}\text{Be}$ )

I. Bushueva<sup>1</sup>, O. Solomina<sup>1,2</sup>, V. Jomelli<sup>3</sup><sup>1</sup>Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow; <sup>2</sup>Tomsk State University;<sup>3</sup>Université Paris 1 Pantheon-Sorbonne, CNRS, France

Статья принята к печати 26 мая 2015 г.

*Дендрохронология, дистанционные методы зондирования Земли, Кавказ, колебания ледников, лишенометрия. Caucasus, dendrochronology, Earth remote sensing, glacier fluctuations, lichenometry.*

Приведена реконструкция колебаний долинного ледника Алибек, расположенного в долине р. Теберда на Западном Кавказе. Источником информации о положении конца ледника служили фотографии 1904, 1921, 2004 и 2008 гг., космические и аэрофотоснимки 1955, 1987, 2007, 2008 и 2012 гг. На этой основе реконструировано семь положений языка ледника за последние 120 лет. С середины XIX в. ледник Алибек сократился в длину на 650 м, по площади — на 0,67 км<sup>2</sup>, а высота конца ледника повысилась на 110 м.

In this article we present the reconstruction of fluctuations of Alibek valley glacier situated in the Teberda valley, Western Caucasus. The former positions of glacier of the past 120 years were reconstructed basing on the old photographs of 1904, 1921, remote sensing data of 1955, 1987, 2007, 2008 and 2012, plans created in 20th century. Since the middle of 20th century Alibek Glacier decreased by 650 m in length and by 0,67 km<sup>2</sup> in area and its tongue has risen by 110 m.

### Введение

Ледник Алибек (43°16'54" с.ш., 41°31'56" в.д.) — один из самых известных и часто посещаемых на Западном Кавказе. Это — ледник долинного типа с северо-восточной экспозицией. Его язык лежит на высоком отшлифованном скальном ригеле, по которому спускаются несколько потоков, образующих водопады. К леднику ведёт тропа, по которой от посёлка можно легко добраться до языка. Эта доступность обусловила хорошую изученность ледника Алибек, который посещали, описывали и исследовали И.В. Мушкетов [11], Н.А. Буш [1], А.К. фон Мекк [10], Г.К. Тушинский [15], В.Д. Панов [12] и др. Вместе с тем многое в истории изменений ледника осталось неизученным. В настоящей работе мы предлагаем собственную версию колебаний ледника Алибек, основанную на данных дистанционного зондирования, биоиндикации,  $^{14}\text{C}$  и  $^{10}\text{Be}$  датирования. Методические подходы, использованные в этой работе, подробно описаны в статьях [3, 14 и др.].

### Материалы исследования

Одним из первых ледник Алибек посетил в 1895 г. И.В. Мушкетов [11]. Через год на нём побывал Н.А. Буш [1]. В начале XX в. в этом районе вели исследования А.К. фон Мекк и доктор Фишер [10], ледник также упоминается в первом Каталоге ледников К.И. Подозерского [13]. В личном архиве И.П. Утяковой, местной жительницы, сохранилось несколько фотографий конца ледника, сделанных в 1920-х годах. Затем, до 1937 г., в изучении ледника наступил перерыв, а в 1940-е годы начались исследования под руководством Г.К. Тушинского [15]. В конце 1950-х годов на леднике работали экспедиция Харьковского университета под руководством П.В. Ковалева [7], сотрудники Тебердинского государственного заповедника П.А. Утяков и Х.Я. Закиев [5]. Позже исследования ледника вели специалисты Управления гидрометеорологической службы (Ростовна-Дону). Большой вклад в исследование ледника Алибек внесли работы [4, 9, 12].

Для построения пространственно-временной реконструкции ледника Алибек использовались карты, а также аэрофото- и космические снимки. Карты средних масштабов на рубеже XIX–XX вв. составлялись иностранными путешественниками: Г. Мерцбахером — 1:140 000, 1901 г. [19]; Фрешфилдом — 1:210 000, 1896 г. [18]; Деши — 1:400 000, 1905 г. [17]. Мы также проанализировали: карты, отпечатанные в 1915 г., масштаб — 5 вёрст в 1 дюйме (1:210 000); схему, приведённую в книге Э.С. Левина [8]; карту, составленную А.К. фон Мекком [10]. К сожалению, из-за мелкого масштаба и неточностей построения все эти карты позволяют получить лишь общие представления о размерах ледника. Интересные результаты даёт сопоставление схемы, приведённой в статье П.В. Ковалева [7], и космических снимков.

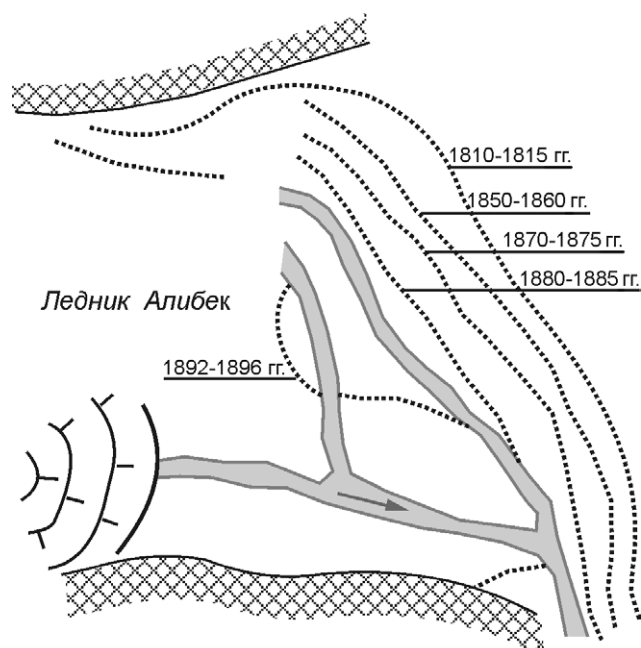
Аэрофотосъёмка проводилась в долине р. Теберда несколько раз. Ледник Алибек запечатлён на аэрофотоснимках, сделанных 15 сентября 1955 г. и 24 сентября 1987 г. Пространственное разрешение электронных копий и в том, и в другом случае составляет 1 м. Также в данной работе использовались космические снимки, сделанные съёмочными системами IRS в 2007 г. (пространственное разрешение 10 м), Cartosat 18 ноября 2008 г. (пространственное разрешение 2,5 м), предположительно GeoEye 21 февраля 2006 г. (источник — Google Earth, пространственное разрешение 0,6 м) и спутником компании DigitalGlobe в сентябре 2012 г. (источник — Bing Maps, пространственное разрешение 0,6 м).

### Результаты исследования

**Колебания ледника по карто- и фотографическим источникам.** Мы посещали ледник Алибек в 2009, 2010 и 2012 гг. В это время конец ледника имел два выступа: правый спускался ниже левого и был зажат между бараными лбами и склоном долины; левый лежал на ригеле. По данным космической съёмки, в период с 2008 по 2012 г. левая часть языка сократилась на 100 м, а правая — на 90 м, между 2007 и 2008 гг. левая часть языка увеличилась на 10 м, а правая — на 60 м. Согласно данным ДЗЗ, в период с 1987 по 2007 г. ледник отступил на 145 и 170 м (соответственно левая и правая части языка). Судя по аэрофотоснимкам, с 1955 по 1987 г. положение конца ледника изме-

нилось незначительно: правая его часть отступила на 20 м, а левая продвинулась вперёд на такое же расстояние. В 1955 г. край ледника был менее изрезанным, чем в 1987 г., поэтому одни участки лежали выше, а другие — ниже.

П.В. Ковалев [6] подробно описал работы, которые проводились на леднике Алибек во время экспедиции 1957–1958 гг., привёл данные измерений, выполненных во время обследования ледников, а также схемы отступления ледника и несколько фотографий. Автор проанализировал и описания ледника, сделанные его предшественниками. По данным П.В. Ковалева, в 1956–1957 гг. ледник находился на расстоянии 120–130 м от северо-восточной стенки бараньих лбов, над которой в 1904 г. нависал его конец. В статье С.П. Ковалева [7] представлены результаты исследований ледника Алибек в 1959–1961 гг.; приведены также подробные схемы изменений ледника Алибек с 1954 по 1961 г. Судя по этим данным, с 1960 г. ледник Алибек начал наступать и наступил, по оценке В.Д. Панова и др. [12], к 1967 г. на 17,3 м. Х.Я. Закиев [5] на предпольях ледника Алибек выделял пять моренных валов (рис. 1), но не указывал источник сведений о воз-



**Рис. 1.** Схема, показывающая расположение и датировку морен на предполье ледника Алибек по данным Х.Я. Закиева [5]

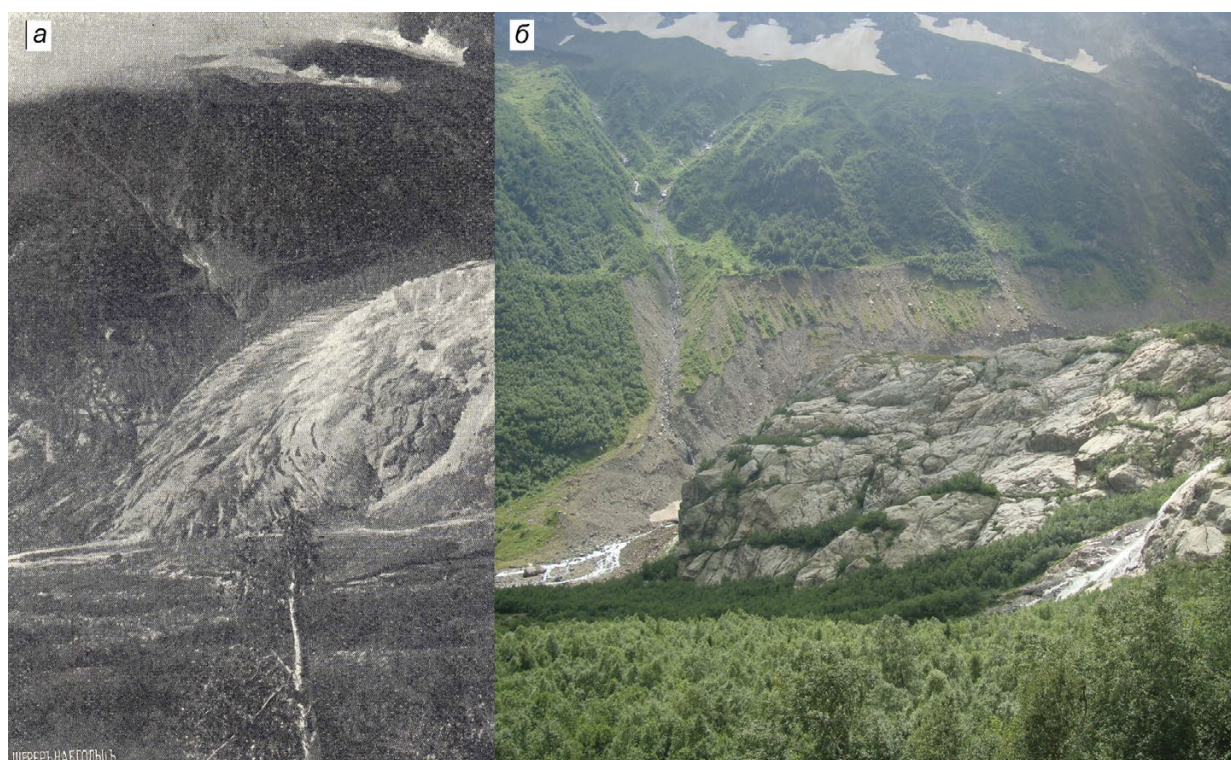
**Fig. 1.** Scheme showing the positions and dates of moraines on the forefields of Alibek Glacier as of H.Ya. Zakiev [5]

расте морен. Видимо, эти оценки основаны на аналогии с альпийской хронологией морен.

С 1954 по 1958 г. П.А. Утяков [16] проводил измерения величин отступления ледника. По его данным, отступление проходило неравномерно со средней скоростью 7,8 м/год. В своей статье автор подробно описывал состояние конца ледника в этот период и указывал, что в 1933 г. край восточного потока достигал русла р. Алибек и оканчивался ледяным гротом. С 1937 по 1945 г. оледенение Тебердинского района изучал Г.К. Тушинский [15]. Он оценивал среднюю годовую скорость отступления ледника в период с 1896 по 1937 г. в 10 м/год, а среднюю скорость стаивания поверхности конца ледника – в 1–1,2 м/год. Г.К. Тушинский указывал на огромные боковые морены, совершенно лишённые растительности, – свежие следы сокращения мощности ледяного потока. Он также отмечал, что ниже конца ледника находилась область свежих конечно-моренных валов дугообразной формы, лежащих поперёк долины. На основе фотографий из личного архива И.П. Утяковой, сделанных в 1921 и

1926 гг., можно лишь приблизительно оценить отступление ледника в его левой части.

В 1904 г. ледник исследовал А.К. фон Мекк [10]. Он указывал на несколько гряд морен, но подробно их не описал, поэтому определить их соответствие современным моренным валам невозможно. Чтобы выйти к предполью ледника Алибек, А.К. фон Мекк и его спутники перешли р. Алибечка и старую морену, расположенную на левом берегу этой речки. В то время на ней уже росли пихты. По описаниям А.К. фон Мекка, юго-восточный (правый) конец ледника спускался ниже левого. Из-под его ледникового грота высотой 6–8 м с шумом вырывался в виде многоводного потока ручей Алибек. Северо-западный (левый) конец ледника отступил сильнее, но также давал начало другому потоку, который, стекая по оголённым отшлифованным скалам вниз, сливался с потоком, который протекал мимо лагеря и впадал в главный ледниковый поток несколько ниже его выхода из ледникового грота. В статье автор также привёл несколько прекрасных фотографий конца ледника (рис. 2).



**Рис. 2.** Предполья ледника Алибек:

1 – 1904 г., фото А.К. фон Мекка [10]; 2 – 2009 г., фото И.С. Бушueвой

**Fig. 2.** Forefield of Alibek Glacier:

1 – 1904, photo by A.K. Mekk [10]; 2 – 2009, photo by I. Bushueva



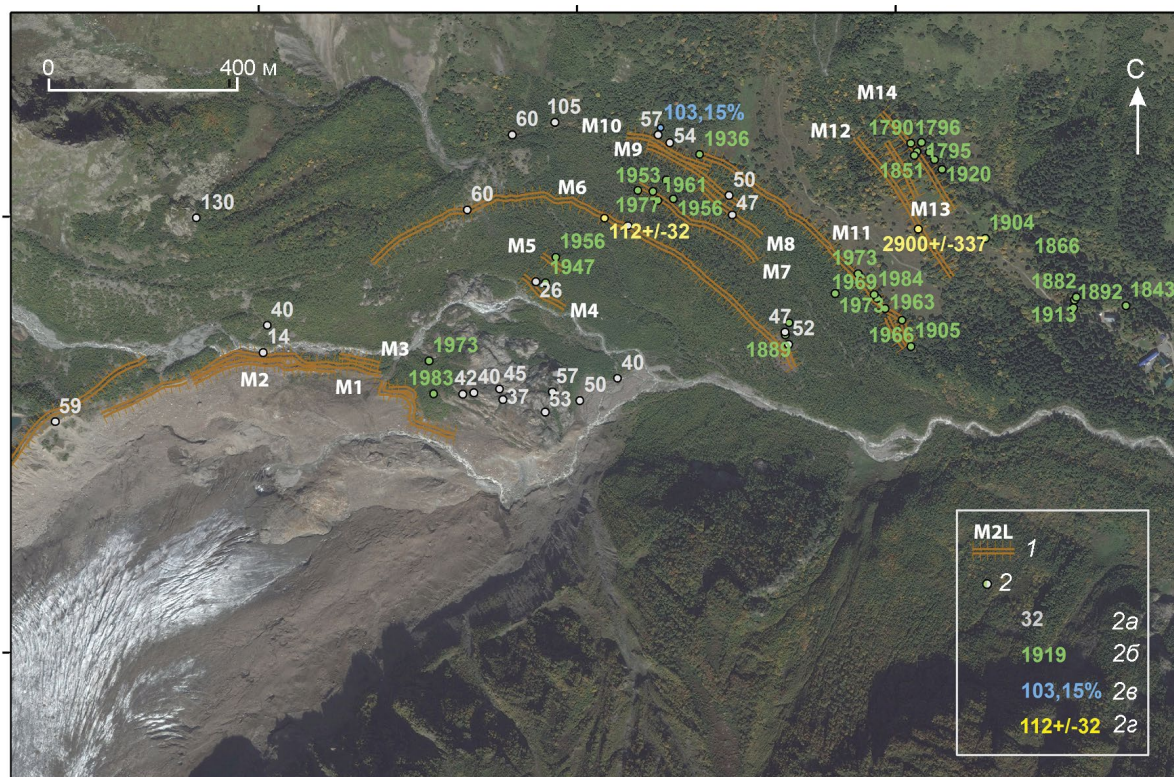
**Рис. 3.** Гравюра ледника Алибек И.П. Крым-Шамхалова, сделанная в 1895 г. [11]  
**Fig. 3.** Engraving of Alibek Glacier made by I.P. Krym-Shamhalov on 1895 [11]

В 1896 г. ледник Алибек посетил Н.А. Буш [1]. Он писал, что нижний конец ледника имеет два боковых выступа, достигающих до дна ущелья, а средняя часть нижнего конца висит на отшлифованной каменной стене. Над каменной стеной возвышается голубая ледяная стена толщиной, по меньшей мере, 25 сажень (53,5 м). Боковые выступы нижнего конца несут срединные морены, а правый (по течению ледника) выступ – ещё и боковую (береговую) морену.

Годом ранее, в 1895 г., ледник посетил И.В. Мушкетов [11]. Он указывал, что ледник асимметричен. Орографически правая его сторона почти на 533,4 м длиннее и спускалась, постепенно утончаясь, почти к руслу р. Алибек. Левая сторона ледника «при переходе через крутую и сглаженную гнейсовую скалу, разбивается трещинами и обрывается вертикальной стеной; последняя при постоянном надвигании ледника дает частые и значительные обвалы ледяных глыб, из которых ниже гнейсовой скалы образуются ледяные мосты, существующие, по-видимому, продолжительное время, так как ледяные глыбы постоянно прибавляются...» (там же; с. 15, 16). И.В. Мушкетов указывал также, что ещё недавно ледник Алибек был соединён с расположенным рядом ледником Двухязычным (они представляли собой две ветви одного ледника). Он считал, что общий ледяной поток спускался в то время вниз по долине на 4300 м от концов ледников; об этом свидетельствует

морена, которая протянулась почти посередине долины р. Алибек. Согласно И.В. Мушкетову, эта морена точно отражает распространение бывшего объединённого ледника, а свежесть её облика наводит на мысль, что ледники отступили и разъединились совсем недавно – «боковая морена снизу сливается с береговой мореной, не отличающейся такой же свежестью, и очевидно, более старую, так что, по-видимому, ледники отступали по крайней мере в два периода, разделенные периодом наступания, потому что более старая береговая морена местами перекрывается новой более свежей мореной...» (там же; с. 17). В итоге И.В. Мушкетов сделал вывод, что все ледники в верховьях р. Алибек находились на этапе весьма значительного отступления, выражающегося не только в сглаженных поверхностях обнажившегося ложа ледника, но и в прекрасно сохранившихся правильных рядах свежих морен, как срединных, так и боковых [11]. В его статье приведена гравюра, выполненная И.П. Крым-Шамхаловым (рис. 3) в период посещения ледника И.В. Мушкетовым. На ней ледник своим правым выступом спускается вплоть до русла р. Алибек, а его левый край висит на бараньих лбах.

**Колебания ледника по геоморфологическим, биоиндикационным и радиометрическим данным.** На рис. 4 приведена схема расположения морен, выделенных нами на предполях ледника Алибек, а также результаты их лихенометрического,



**Рис. 4.** Морены, расположенные на предполях ледника Алибек. Результаты датирования морен дендрохронологическим и лишенометрическим методами, а также при помощи анализа космогенных изотопов  $^{10}\text{Be}$  и  $^{14}\text{C}$ :

1 – морены, 2 – места отбора образцов: 2а – максимальный диаметр лишайников, 2б – год образования первого кольца для дендрохронологических образцов, 2в – данные радиоуглеродного анализа, 2г – возраст по данным анализа космогенного изотопа бериллия  $^{10}\text{Be}$

**Fig. 4.** Moraines on the forefield of Alibek Glacier. Results of dating using dendrochronological and lichenometric methods and also using analysis of cosmogeneous isotopes of  $^{10}\text{Be}$  and  $^{14}\text{C}$ :

1 – moraines, 2 – points of sample's collection: 2а – maximum diameter of lichens, 2б – year of creation of the first ring on the dendrochronological samples, 2в – data of radiocarbon analysis, 2г – age based on Beryllium  $^{10}\text{Be}$

дендрохронологического датирования и анализа космогенных изотопов. На ригеле ледника Алибек, с орографически левой стороны, расположены три моренных гряды. Самая молодая (М1) имеет совсем свежий вид, на ней ещё нет лишайников. На основании таблицы данных инструментальных наблюдений за колебаниями конца ледника, приведённой в монографии [12], и аэрофотоснимка 1987 г. морена М1 датируется началом 1980-х годов, так как она уже видна на снимке 1987 г., а период наступания ледника был инструментально зафиксирован в начале 1980-х годов. Морена М2 образовалась в 1960-х годах: это наступание было описано С.П. Ковалевым [7] и изображено на его схемах; к тому же данная морена отсутствует на аэрофотоснимке 1955 г. На этой морене мы обнаружили лишайники, максимальный диаметр которых – 14 мм.

Морена М3 сохранилась лишь фрагментарно. Она сформировалась до 1955 г., так как видна на аэрофотоснимке этого года.

В долине ледника Алибек, ниже его ригеля, также расположено несколько моренных гряд. В настоящее время все они поросли молодым, в основном, берёзовым лесом, труднопроходимы и плохо читаются на снимках (рис. 5).

На предполях ледника, под ригелем, мы выделили до восьми моренных валов. Морена М6 имеет значительное протяжение и хорошо выражена в рельефе, у неё крутой и высокий проксимальный склон, она очень хорошо читается на снимках. Вблизи русла р. Алибек участок морены М6 практически лишён древесной растительности и представляет собой груду крупных обломков, которая выделяется на фоне окружающей её залесённой территории. В этом месте



**Рис. 5.** Морены, поросшие берёзой и сосной, на предполях ледника Алибек (2009 г.)  
**Fig. 5.** Moraines covered by birch and pine on the forefield of Alibek Glacier (2009)

моренная гряда раздваивается. Дистальная часть покрыта лесом, одно из растущих на ней деревьев имеет первое кольцо, образовавшееся в 1889 г. После введения поправок минимальный возраст этой гряды относится к 1860-м годам. В проксимальной части этой морены В. Жомелли был отобран образец горной породы для анализа космогенного изотопа  $^{10}\text{Be}$ . Возраст образца –  $112 \pm 32$  г. (CNRS 8591; ASTER AMS national facility (CEREGE, Aix en Provence), что соответствует примерно  $1900 \pm 30$  г. Таким образом, максимальная оценка с учётом ошибки близка к данным дендрохронологии.

По нашему мнению, вал М6 соответствует морене, описанной Н.А. Бушем и условно отнесённой им к 1860-м годам [1]. Н.А. Буш указывал, что на противоположном берегу р. Алибек возвышались двумя взаимно-параллельными грядами две старые конечные морены ледника. Одна из них, недавнего происхождения, полностью лишена растительности и располагалась в 213 м (100 саженей) от конца ледника. «Проводник Султан Байчаров говорил мне, что это морена шестидесятых годов...» (там же; с. 41). Скорее всего, это морена М6 (см. рис. 4), поскольку

других ясно выраженных морен вблизи основания ригеля нет. Другая морена, более старая, расположена в 640 м (300 саженей) от нижнего конца ледника; уже в начале XX в. она местами поросла молодой сосной и берёзой. Вероятно, это морена М11. В действительности, она располагается немного ближе к леднику (около 250 м), но, учитывая ширину долины, данной ошибкой можно пренебречь. Это – одна из наиболее выраженных морен в долине ледника Алибек и Н.А. Буш не мог её не заметить. В настоящее время на морене также растут берёзы и сосны.

Между мореной М6 и концом ледника в рельефе читаются ещё две морены – М4 и М5. На морене М4 максимальный размер лишайников составляет 26 мм, а год образования первого кольца самой старой сосны – 1947 г. Морена М5, согласно дендрохронологическим данным, образовалась раньше 1957 г. Таким образом, после введения поправок наиболее вероятное время формирования морен 4 и 5 – первая треть XX в.

Диаметр лишайников на моренах М6–М9 одинаков – около 60 мм. Дендрохронологические датировки этих морен также не могут по-

## Метрические характеристики колебания ледника Алибек

Год	Название морены	Длина ледника, км		Высота конца ледника, м*		Площадь, км <sup>2</sup>	Объём, км <sup>3</sup>		
		по левой ветви	по правой ветви	по левой ветви	по правой ветви		метод С. Адхикари	формула Мазо-Глазырина	модель GlabTop**
	M10	4,917	5,042	1943	1885	6,5444	0,394	0,245	
1860-е	M6	4,660	4,789	1934	1880	6,2550	0,373	0,224	
1895		4,319	4,482	1980	1886	5,9420	0,351	0,200	
1904		4,303	4,512	1980	1884	5,9788	0,354	0,201	
1955		4,048	4,362	2018	1917	5,7871	0,339	0,187	
1987		4,068	4,344	2018	1917	5,8240	0,337	0,187	
2007		3,923	4,172	2044	1978	5,5899	0,328	0,177	
2008		3,934	4,235	2038	1963	5,5863	0,328	0,177	0,1790
2012***		3,832	4,147	2074	1991				

\*Абсолютная высота над эллипсоидом WGS-84. \*\*В модели GlabTop в расчётах используется цифровая модель поверхности ледника. Так как у нас есть только современная цифровая модель поверхности, то рассчитать объём ледника можно только для современного состояния. \*\*\*К сожалению, снимок 2012 г. покрывает только нижнюю часть языка ледника, поэтому мы можем оценить лишь изменение длины, а посчитать площадь и объём с помощью этого снимка невозможно.

мочь установить их истинный возраст, так как все сосны поселились на этих моренах в XX в. Подробные дендрохронологические исследования морены M11 показывают, что и на ней самые старые сосны, несмотря на внушительные размеры всех деревьев, относительно молодые, и их возраст составляет около 100 лет (см. рис. 4). Возможно, близкий возраст деревьев и одинаковый размер лишайников свидетельствуют об обновлении поверхности морен селевыми и лавинными процессами.

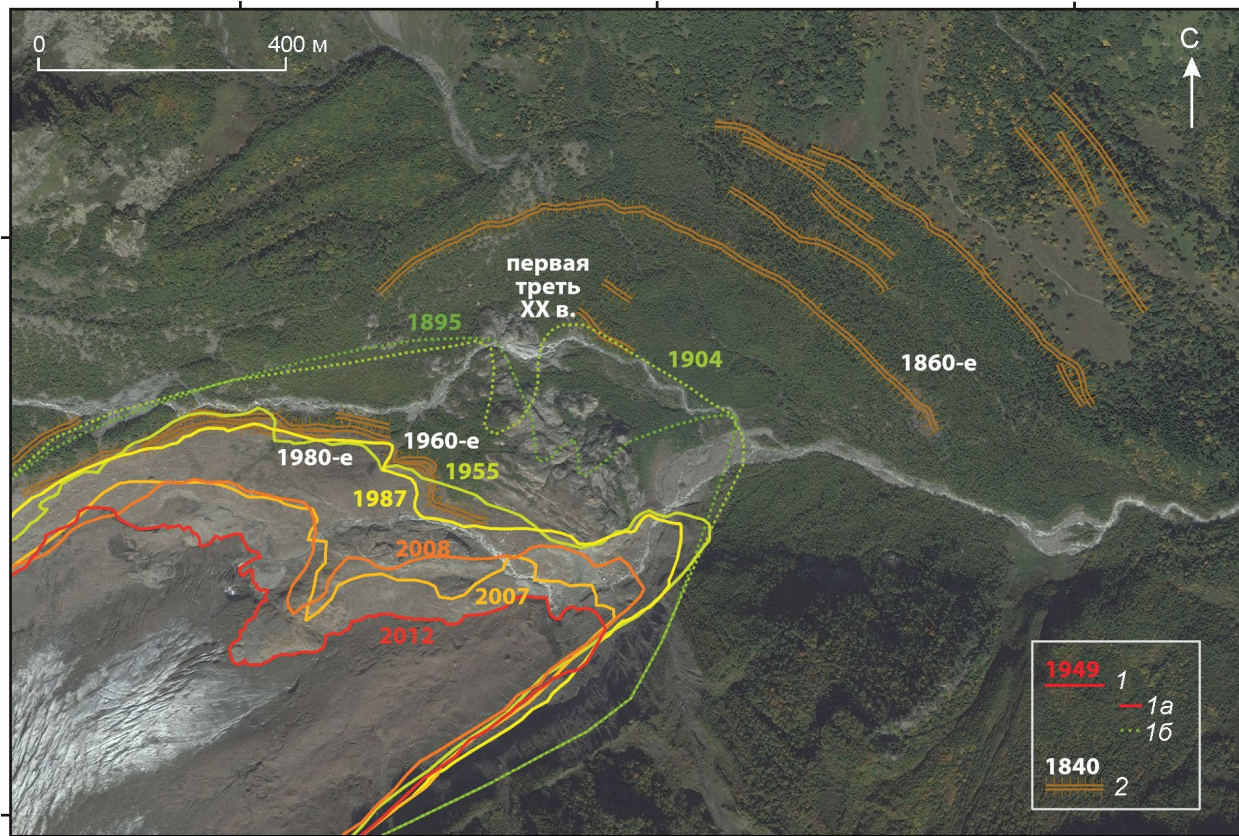
За грядой M10 в небольшом межморенном понижении, в маломощном торфянике из базального горизонта, с глубины 17 см был взят образец торфа на радиоуглеродный анализ. Анализ показал современный возраст образца (103,15%; ИГАН 3935), что в целом согласуется с предположением о молодом возрасте этой части моренного комплекса.

Следующая группа морен расположена недалеко от русла р. Алибечка (M12–M14). Минимальный возраст проксимальной к леднику морены M12 – первая треть XIX в. (дендрохронологическая датировка 1850 г. без поправок) (см. рис. 4). На дистальном валу, который порос старыми пихтами, обнаружено несколько деревьев, поселившихся здесь раньше 1790-х годов. К сожалению, большинство этих деревьев поражено сердцевинной гнилью, поэтому точно определить их возраст не удаётся. Приблизительные оценки сгнившей части, основанные на осреднении ширины пяти наиболее близких к серд-

цевине сохранившихся колец и недостающей части керна, показывают, что может не хватать до 80 колец. С внешней стороны морены M14 обнаружено поваленное дерево (пихта), которая насчитывает 300 годичных колец. Это означает, что до этой высоты (1865 м) ледник не спускался как минимум последние три столетия. В таблице приведены расчёты основных метрических характеристик ледника Алибек, а на рис. 6 представлена схема колебания конца этого ледника.

### Дискуссия

Несмотря на многочисленные попытки реконструировать историю изменений ледника Алибек [2, 4–6, 12], в ней остаётся много неясного. Лихенометрический метод имеет здесь ограниченное применение. Во-первых, лишайники растут в густой тени под пологом леса и их прирост в этих условиях существенно отличается от такового на незалесённых гребнях морен, для которого рассчитана кривая роста. Во-вторых, прирост лишайников на ригеле, который постоянно омывается водами с ледника, также имеет другие скорости, чем в стандартных для лихенометрических исследований микроландшафтных условиях. Наши измерения показывают, что в той части ригеля, где в 1904 г. лежал ледник (см. рис. 2), размер лишайников достигает 50 мм, что по стандартной кривой, общей для Центрального и Западного Кавказа [2], соответствует примерно 200-м годам.



**Рис. 6.** Схема колебаний конца ледника Алибек:

*1* – положение ледника на определённый год: *1a* – по данным ДЗЗ (1955, 1987, 2007, 2008, 2012 гг.), *1б* – по фотографиям (1895, 1904 гг.); *2* – морены и их возраст

**Fig. 6.** Scheme of fluctuations of Alibek Glacier:

*1* – end of glacier in this year: *1a* – based on remote sensing data (1955, 1987, 2007, 2008, 2012), *1b* – based on the photographs (1895, 1904); *2* – moraines and its ages

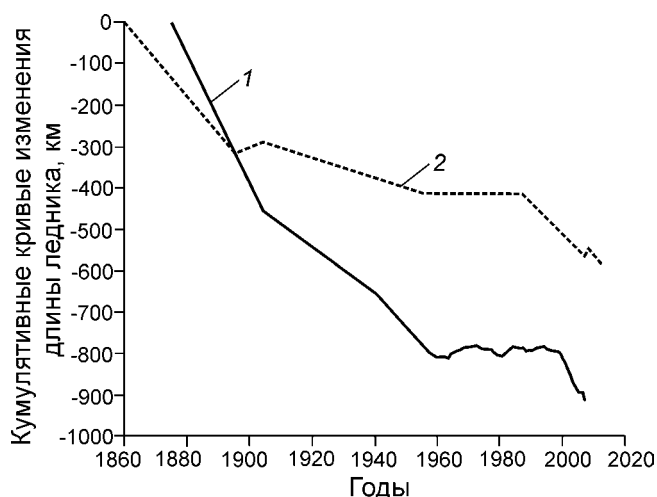
Наиболее подробные лихенометрические исследования морен ледника Алибек опубликованы Ю.В. Ефремовым и Ю.Г. Ильичевым [4]. Эти авторы выделяют пять реперных поверхностей: 1965 г. – 14,4 мм; 1904 г. – 23,1 мм; 1891 г. – 34,2 мм; 1850 г. – 40,1 мм; 1815 г. – 44,3 мм. Источник данных о возрасте для первых трёх поверхностей – исторические свидетельства [1] и инструментальные наблюдения [12]. Происхождение двух датировок первой половины XIX в. не ясно, так как ссылка на работу Н.А. Буша [1] не имеет к этому прямого отношения. Сопоставление наших данных с результатами В.Д. Панова и Ю.Г. Ильичева [12] невозможно, так как по приведённой схеме нельзя точно идентифицировать места проведения лихенометрических исследований.

Несмотря на большие неопределённости в использовании лихенометрического метода для

датирования приледниковых поверхностей ледника Алибек, в целом очевидно, что скорости роста лишайников-индикаторов на Западном Кавказе выше, чем на Центральном Кавказе. Поэтому в данном районе нельзя использовать стандартную кривую скоростей роста лишайников-индикаторов. Разница скоростей роста лишайников связана, скорее всего, с более тёплым и влажным климатом Западного Кавказа по сравнению с Центральным.

Дендрохронологический метод даёт важную информацию о минимальном возрасте морен, но катастрофические склоновые процессы часто нарушают ход первичной колонизации, в результате чего разница между минимальным и истинным возрастом поверхности становится критической. В этом случае возраст деревьев существенно занижает возраст морен, на которых они растут. Использование радиометрических





**Рис. 7.** Кумулятивные кривые колебания длины ледника Алибек:

1 – В.Д. Панов и соавторы [12]; 2 – Бушуева, Соломина, Жомелли

**Fig. 7.** Cumulative curve of fluctuations of Alibek Glacier length:

1 – V.D. Panov et al. [12]; 2 – Bushueva, Solomina, Jomelli

датировок также не позволило пока уточнить реконструкцию колебаний ледника Алибек. Для этого требуется дополнительный отбор образцов на анализ космогенных изотопов, причём не единичных, а массовых. На рис. 7 показаны кумулятивные кривые изменения длины ледника Алибек по оценкам В.Д. Панова и соавторов [12] и нашим. Общая тенденция изменения длины ледника Алибек схожа, особенно во второй половине XX в. Возможно некоторое расхождение: более интенсивное отступление ледника в первой половине XX в. связано с тем, что ледник Алибек имеет очень широкий и ассиметричный язык, поэтому направление измерения длины сильно влияет на результат. Максимальное расхождение в ходе кривых отмечается в конце XIX в., когда ледник «забирался» на ригель.

### Выводы

Определено пространственное положение нижней границы ледника Алибек на 1885, 1904, 1957, 1987, 2007, 2008 и 2012 гг. на основе исторических, биоиндикационных, картографических и данных ДЗЗ. По дендрохронологическим данным выяснен минимальный возраст морен первой трети XX в. и середины XIX в. За комплексом морен (на высоте 1865 м, на 130 м

ниже положения 2012 г.) обнаружено дерево возрастом 300 лет, что свидетельствует об отсутствии здесь ледника как минимум последние три столетия. С середины XIX в. ледник Алибек сократился в длину на 650 м, по площади – на 0,67 км<sup>2</sup>, а высота конца ледника повысилась на 110 м.

**Благодарности.** Мы выражаем глубокую признательность нашим коллегам – В.Н. Михаленко, В.В. Мацковскому, А.В. Кудикову, Т.М. Кудериной за содействие в сборе материалов для этой статьи, Ю.З. Мацковской и В.В. Грязновой за помощь в обработке дендрохронологической информации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 13-05-90306.

### Литература

1. Буш Н.А. Ледники Западного Кавказа // Зап. Императорского Русского географического общества по общей географии. 1905. Т. XXXII. № 4. С. 87–89.
2. Бушуева И.С. Колебания ледников на Центральном и Западном Кавказе по картографическим, историческим и биоиндикационным данным за последние 200 лет: Дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2013. 169 с.
3. Бушуева И.С., Соломина О.Н. Колебания ледника Кашкаташ за последние четыре столетия по картографическим, дендрохронологическим и лихенометрическим данным // Лёд и Снег. 2012. № 2 (118). С. 121–130.
4. Ефремов Ю.В., Ильичев Ю.Г. Динамика ледниковых озерных водоемов Большого Кавказа за последние 100 лет // МГИ. 2007. Вып. 103. С. 68–74.
5. Закеев Х.Я. Очерки по оледенению Большого Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского гос. ун-та, 1965. 192 с.
6. Ковалёв П.В. Современное оледенение бассейна реки Теберды // Материалы Кавказской экспедиции по программе МГГ. Т. 1. Харьков: Изд-во ХГУ, 1960. С. 7–88.
7. Ковалёв П.В. Современное оледенение бассейна реки Кубани // Материалы Кавказской экспедиции по программе МГГ. Т. 4. Харьков: Изд-во ХГУ, 1962. С. 3–109.
8. Левин Э.С. Перевалы Центрального Кавказа. М.: Физкультура и туризм, 1938. 208 с.
9. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубани // Тр. Тебердинского гос. биосферного заповедника. 2006. Вып. 41. 243 с.

10. Мекк А.К. Первовосхождение в верховья Теберды // Ежегодник РГО. 1906. № 4. С. 1–64.
11. Мушкетов И.В. Геологический очерк ледников области Терека и Чхалты на Кавказе // Тр. Геол. комитета. 1896. Т. XIV. № 4. С. 15–67.
12. Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Колебания ледников Северного Кавказа за XIX–XX столетия. Пятигорск: Северокавказское изд-во МИЛ, 2008. 330 с.
13. Подозерский К.И. Ледники Кавказского хребта // Зап. Кавказского отделения Императорского Русского географического общества. 1911. Кн. 29. Вып. 1. 200 с.
14. Соломина О.Н., Бушуева И.С., Кудерина Т.М., Мацковский В.В., Кудиков А.В. К голоценовой истории ледника Уллукам // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117). С. 85–94.
15. Тушинский Г.К. Современное и древнее оледенение Тебердинского района // Побежденные вершины, 1949. С. 263–316.
16. Утяков П.А. К изучению режима современного оледенения в верховьях реки Теберда (предварительное сообщение) // Тр. Тебердинского гос. заповедника. 1962. Вып. 4. С. 185–196.
17. Déchy M. von. Kaukasus Reisen und Forschungen im kaukasischen Hochgebirge: Bd. 1; 348 S. Bd. 2; 346 S. Berlin, 1905.
18. Freshfield D.W. The Exploration of the Caucasus: V. 1. London and New York, 1896. 278 p.
19. Merzbacher G. Aus den Hochregionen des Kaukasus. Wanderungen, Erlebnisse. Bd. 1; 958 S. Bd. 2; 954 S. Leipzig: Duncker und Humblot, 1901.

### Summary

In this article we present the reconstruction of fluctuations of Alibek valley glacier. This glacier is situated in the valley of Teberda river. The data on glacier positions were gathered using old photographs of 1904, 1921, remote sensing data of 1955, 1987, 2007, 2008 and 2012, photographs of the end of 20th – beginning of 21st centuries and plans created in 20th century. Based on maps, remote sensing data and old photographs seven positions of glacier were reconstructed during last 120 years. Using dendrochronology, we detected the minimum ages of moraines of the first trines of 20th and the middle of 21st centuries. Behind the last complex of moraines (on the height of 1865 m, 130 m lower than the position of glacier in 2012) we found a tree of the age of 300 years. This fact indicates that there has been no glacier in that area for at least three hundred years. Based on created reconstruction the metrical characteristics of Alibek Glacier were calculated. Since the middle of 20th century Alibek Glacier has become 650 m shorter and 0,67 km<sup>2</sup> smaller and its tongue during this period has risen 110 m higher.