

# Палеогляциология

УДК 551.324.63

## К голоценовой истории ледника Уллукам

© 2012 г. О.Н. Соломина, И.С. Бушуева, Т.М. Кудерина, В.В. Мацковский, А.В. Кудиков

Институт географии РАН, Москва

*irinasbushueva@gmail.com**Статья принята к печати 30 августа 2011 г.*

Дистанционные методы, колебания ледников, лишенометрия, повторное фотографирование, погребённая почва, голоцен.

Buried soil, glacier fluctuations, Holocene, lichenometry, remote sensing, repeated photographs.

Представлена реконструкция колебаний ледника Уллукам во второй половине голоцена. На основе сравнения аэрофото- и космических снимков, старых фотографий и карт реконструировано девять положений языка ледника за последние 125 лет. С 1884 по 2009 г. ледник сократился в горизонтальной проекции на 775 м, а высота его фронта повысилась на 190 м. На основе датирования лишенометрическим методом установлено, что две молодые морены возникли в первой трети – середине XIX в. и в 1870-х годах. На расстоянии 1,5 км от современного конца ледника найдена погребённая почва, возраст которой, согласно радиоуглеродному датированию, составляет  $3580 \pm 80$  л.н. Ненарушенность почвенного профиля показывает, что ледник не спустился до высоты 2813 м, по крайней мере, в последние четыре тысячелетия, а возможно и с начала голоцена.

### Введение

Долинный ледник Уллукам расположен на юго-западном склоне Эльбруса и даёт начало р. Кубань. В настоящее время ледник имеет длину 1,65 км и площадь 0,65 км<sup>2</sup>; высота низшей точки 3130 м (данные дешифрирования космического снимка Геоеуе, сделанного 16.09.2009, и цифровой модели рельефа ЦМР GDEM). Наше внимание ледник привлек прежде всего тем, что на его предполях, недалеко от современного конца, мы обнаружили погребённый почвенный горизонт, лежащий на флювиогляциальной террасе и имеющий, по косвенным данным, голоценовый возраст. На Кавказе подобные находки редки, и их изучение помогает восстановить историю голоценового оледенения и климата района.

Задача этой работы – максимально подробно восстановить изменения размеров ледника в конце XIX – начале XXI в. на основе аэрофото- и космических снимков, материалов наземной фотографии, старых карт и описаний первых путешественников, а в предшествующие периоды – по геоморфологическим данным, лишенометрии морен и радиоуглеродному датированию. Эти данные были рассмотрены и в контексте материалов, полученных археологами и палеоклиматологами на Кавказе.

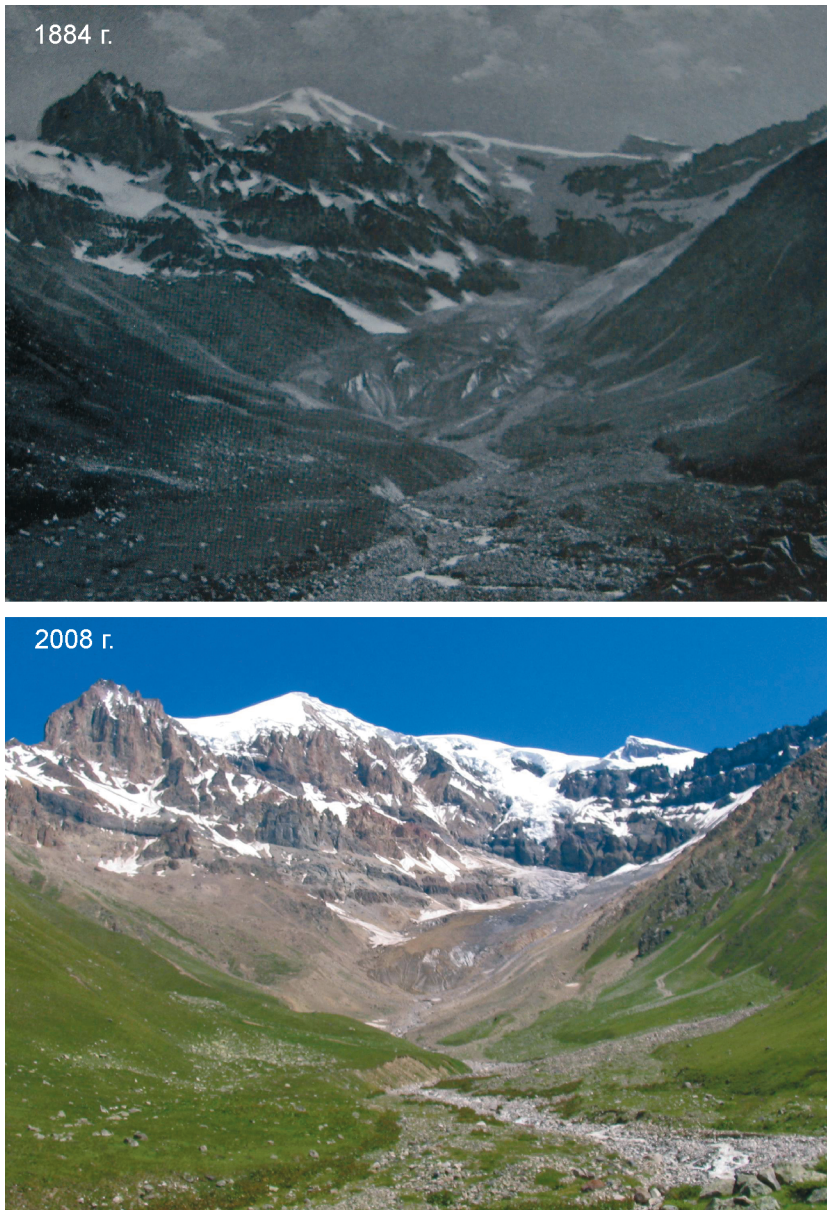
### Материалы и методы

Одним из первых ледник Уллукам упоминает М. фон Деши [24], который побывал на нём в 1884 г. и сделал его фотографию (рис. 1). Затем ледник посетили Г. Мерцбахер [23] в 1891–1892 гг. и Н.А. Буш [2, 3].

Примерно в это же время вышел в свет первый Каталог ледников Кавказа К.М. Подозерского [12], который сопровождался картой масштаба 1:210 000 (три версты в дюйме) и краткой характеристикой ледников. Карты средних масштабов на рубеже XIX–XX вв. были составлены и иностранными путешественниками: Г. Мерцбахером – 1:140 000, 1901 г. [23]; Д. Фрешфилдом – 1:210 000, 1896 г. [21]; М. фон Деши – 1:400 000, 1905 г. [24]. Правда, они дают только общие представления о размерах ледника.

В нашем распоряжении были следующие материалы: уменьшенная копия одноверстной карты съёмки Корпуса военных топографов в 1887 г.; пятиверстная карта, напечатанная в 1915 г.; туристская карта «Эльбрус» в масштабе 1:50 000, изданная в 1933 г. в Ростове-на-Дону (Издание Северокавказского краевого совета О.П.Т.Э). Использовались также: топографическая карта масштаба 1:210 000, выпущенная в 1941 г.; топографическая карта масштаба 1:50 000, созданная по материалам съёмок 1958 и 1959 гг.; карта масштаба 1:100 000, выпущенная в 1989 г. и составленная по карте масштаба 1:50 000 с исправлениями по состоянию местности на 1985 г.

В XX в. ледник Уллукам посещали Я.И. Фролов, С.П. Соловьев, М.Н. Попов, П.А. Иваньков. В период МГГ проводились гляцигеоморфологические исследования, фототеодолитная (21 июля 1959 г.) и аэрофотографическая (24 июля 1957 г., пространственное разрешение электронного экземпляра 1 м) съёмки ледников Эльбруса. Результаты работ на леднике Уллукам были опубликованы в



**Рис. 1.** Ледник Уллукам:  
1884 г. – фото М. фон Деши; 2008 г. – фото  
Т.М. Кудериной  
**Fig. 1.** Ullukam Glacier:  
1884 – photo by M. von Dechy; 2008 – photo  
by T.M. Kuderina

«Материалах гляциологических исследований» [16], Информационном сборнике о работах по Международному геофизическому году [15] и Атласе ледников Эльбруса [1]. Кроме того, есть аэрофотоснимок долины ледника Уллукам, сделанный 26 сентября 1987 г. (пространственное разрешение электронной копии 2 м). Мы также располагали космическими изображениями, сделанными в 1971 г. с американского спутника CORONA (пространственное разрешение 1,8 м), 8 июля 2005 г. съёмочной системой ASTER (пространственное разрешение 15 м), 12 сентября 2007 г. съёмочной системой CARTOSAT (пространственное разрешение 3 м), 19 сентября 2009 г., по-видимому, съёмочной системой Геоеуе (<http://mars.google.com>) (пространственное разрешение 1,65 м).

Все аэрофото- и космические снимки предварительно были преобразованы в выбранную систему координат и ортотрансформированы. Для проведения этих процедур на данных дистанционного зондирования Земли определяли характерные точки рельефа, которые также хорошо читались на географически привязанном космическом снимке, сделанном съёмочной системой GEOEYE. На основе координат (не менее 25 точек для каждого снимка) и ЦМР GDEM в программном продукте ERDAS Imagine 8.5 одновременно проводились географическая привязка и ортотрансформирование снимков. Поскольку нас интересовала долина ледника Уллукам, то большинство точек было расположено именно в ней. Геометрическая коррекция изобра-

жений в районе предполий ледника выполнена значительно лучше, чем в других частях снимков.

Пространственная привязка карт проводилась по сетке географических или метрических (если они существовали) координат с последующим преобразованием в проекцию UTM зона 38 на эллипсоид WGS-84. Эта проекция использовалась для всех изображений в данном исследовании. Для старых карт с целью увеличения точности привязки иногда требовалось совмещение характерных точек рельефа со снимком ASTER. Затем были оцифрованы контуры ледника Уллукам и в соответствии с инструкциями GLIMS (<http://glims.org>) подсчитаны изменения длины ледника в горизонтальной проекции (таблица).

Полевые работы на предполях ледника Уллукам проводили в 2008 г. Они предусматривали геоморфологические описания местности, определение координат отдельных точек с помощью GPS-приемника (Garmin GPSmap 60Сх), лихенометрическую съёмку морен правого борта ледника, описание современных почв и погребённой почвы, обнаруженной в разрезе флювиогляциальной террасы ледника Уллукам, отбор образцов почв. Лихенометрические исследования проводились по стандартной методике: на всей площади каждой из морен измерялись диаметры максимальных особей лишайников *Rhizocarpon geographicum sensu lato*. Для оценки возраста отложений использовалась кривая роста лишайников, предложенная О.Н. Соломиной [19]. Радиоуглеродный анализ погребённого гумусового горизонта выполнен по гуминовым кислотам в радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН.

### Полученные результаты

**Изменения ледника Уллукам в конце XIX – начале XXI в.** Сведения о колебаниях конца ледника приведены в таблице и показаны на рис. 2.

**1880-е годы.** Г. Мерцбахер в своей книге «Из высокогорий Кавказа» [23] поместил фотографию ледника, который он называет Уллукамом. Сопоставив описание и карту, приведённую в книге, мы установили, что на фотографии изображены ледники № 308 и № 309 (по Каталогу ледников [6]), а не ледник Уллукам. Снимок конца ледника Уллукам (который он называет Хотютау) сделал М. фон Деши в 1884 г. (см. рис. 1). Он фотографировал с левого берега р. Уллукам, вверх по долине, поэтому на нём виден фронт ледника. При сопоставлении с фотографией 2008 г. (см. рис. 1) видно, что ледник значительно уменьшился в размерах. Сравнивая фотографию М. фон Деши, современный снимок и космический снимок высокого разрешения, можно приблизительно определить положение конца ледника в 1884 г., который находился

### Колебания длины ледника Уллукам

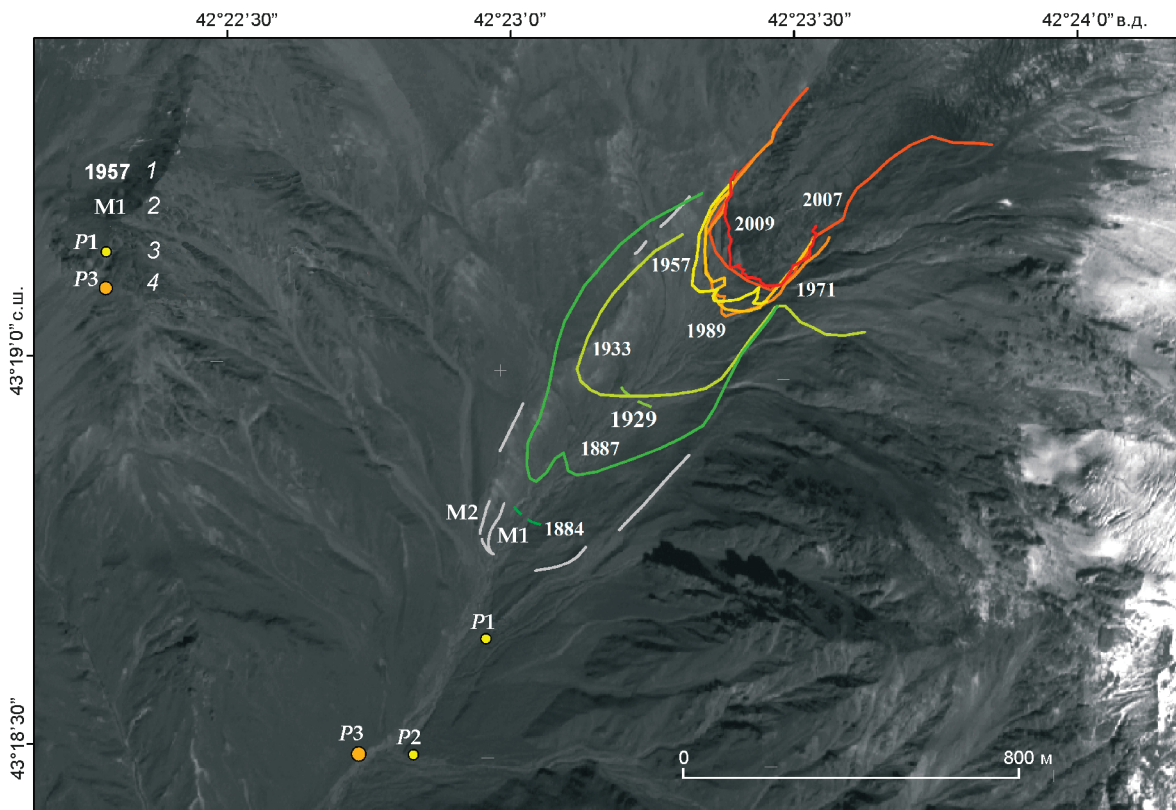
Год	Длина ледника, м	Источник
1870	2500	Морена
1884	2386	Фотография М. фон Деши [24]
1887	2242	Карта съёмки Корпуса военных топографов
1929	2001	Описание Я.И. Фролова [20]
1933	1997	Туристская карта «Эльбрус»
1957	1682	Аэрофотоснимок
1971	1645	Космический снимок со спутника CORONA
1989	1681	Аэрофотоснимок
2007	1615	Космический снимок съёмочной системы CARTOSAT
2009	1611	Космический снимок съёмочной системы GEOEYE

вблизи незадернованной конечной морены, обозначенной на нашей карте (см. рис. 2) как M2, но его поверхность находилась ниже соответствующего уровня береговой морены.

Первое известное нам картографическое изображение ледника Уллукам дано на одновёрстной карте, составленной Корпусом военных топографов в 1887 г. Нам удалось найти только уменьшенную вдвое копию этой карты [9]. На ней ледник имеет длинный язык, правая часть которого покрыта мореной. К сожалению, на карте не изображены моренные отложения вне ледника, поэтому судить об их положении нельзя.

**1890–1910-е годы.** Н.А. Буш, трижды посетивший ледник Уллукам (в 1897, 1907 и 1909 г.), указывает, что за период 1897–1909 гг. вид нижнего края ледника не изменился и что в 1909 г. ледник по-прежнему оканчивается крутой и очень высокой ледяной стеной [3]. Последняя характеристика – признак наступающего ледника. Н.А. Буш указывает также на асимметричность ледника (левая часть ледника спускается ниже правой) и на нахождение его недалеко от морены, которая, по его предположению и по аналогии с другими ледниками Кавказа, сформировалась в 1870-х годах.

Карта К.И. Подозерского 1911 г., к сожалению, имеет недостаточное разрешение, чтобы служить надёжным источником для оценки размеров ледника Уллукам в то время, однако в его Каталоге ледников имеются важные для нас сведения о леднике Уллукам: «Верхняя части сливаются со льдами Эльбруса». Позже (см. далее) ледник потерял связь с ледовыми склонами Эльбруса и превратился в типичный ледник лавинного питания.



**Рис. 2.** Схема колебания конца ледника и расположения морен на предполях ледника Уллукам:

1 – положение конца ледника на определённый год; 2 – моренная гряда и её название; 3 – почвенный разрез; 4 – место отбора погребённой почвы

**Fig. 2.** Plan of fluctuations of the glacier tongue and positions of the moraines on the Ullukam Glacier forefield:

1 – position of the glacier on the appointed year; 2 – moraine and its name; 3 – soil sequence; 4 – place of buried soil sampling

*1920-е годы.* В 1929 г. ледник Уллукам посетил Я.И. Фролов. К сожалению, у нас нет фотографии ледника, сделанной им в том же году, однако из описания следует, что край ледника похож на тот, который показан на фотографии М. фон Деши 1884 г. Я.И. Фролов пишет: «Конец ледника крутой, но не отвесный. По краям выдаются вперед метров на 40 низкие ледяные крылья. Середина его вогнута вовнутрь. ... Середина ледника в конце его, недавно осела, сползла вниз» [20, с. 61]. Он указывает, что им была поставлена «метка против середины конца ледника между потоками» [20, с. 62] на расстоянии 15 м от ледника на высоте 2990 м. Используя цифровую модель рельефа, полученную с топографической карты масштаба 1:50 000, можно предполагать, что в 1929 г. ледник был длиннее на 390 м, чем в 2009 г.

*1930–50-е годы.* В 1932 г. ледник посетил М.Н. Попов [13]. Основная задача экспедиции – определение водораздела между реками Баксан и Уллукам (бассейнами Терека и Кубани), поэтому конец ледника и его предполя практически не описаны и судить об изменении конца ледника невоз-

можно. Однако М.Н. Попов уделяет большое внимание изменению верхней границы ледника Уллукам (см. далее). Он определил высоту конца ледника (около 3020 м), правда отмечает, что высотомер экспедиции мог быть испорчен, поэтому использовать это значение следует с осторожностью.

В это же время ледник посетил С.П. Соловьёв [18]. Он пишет, что им была поставлена метка, но других меток обнаружено не было, поэтому оценить величину отступления ледника С.П. Соловьёв не смог. Он счёл, что положение ледника Уллукам незначительно отличается от положения, которое занимал ледник в 1889 г., но источников, на основании которых он сделал этот вывод, автор не указывает.

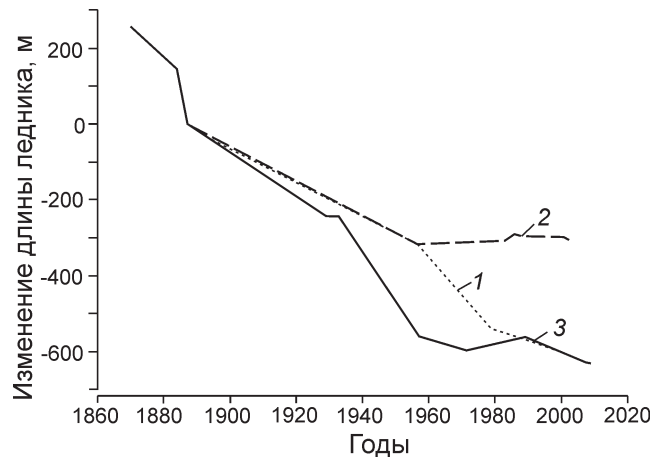
Более систематические наблюдения за концом ледника начались в 1950-х годах. Тогда же появились и регулярные документальные свидетельства о состоянии оледенения в этом районе. Детальные исследования на Эльбрусе проводились в период МГГ. Нам наиболее интересны описания и фотографии, сделанные Л.М. Рудаковым в 1958 г. [15, 16]. В обеих статьях автор подробно описывает ледник: указывает на асимметричность его фронта (правая

часть выдвинута ниже левой до 60 м), отмечает незначительные изменения конца ледника по сравнению с 1929 г. (фотография Я.И. Фролова). Во время экспедиции марки Я.И. Фролова и С.П. Соловьева не были найдены, поэтому конкретных цифр по изменению конца ледника автор не приводит. Новую марку установили в глыбе желтовато-серой лавы, расположенной в 10 м от основного водотока против середины конца ледника. Л.М. Рудаков также указывает на конечно-моренный вал, который особенно отчётливо прослеживается справа от русла реки. Используя карту масштаба 1:50 000 (более раннего издания, чем та, которую используем мы) и aneroid-высотомер, он определил, что «современный конец ледника залегает на высоте около 3030 м, а превышение между ним и конечной мореной равно 180 м» [15, с. 52] и «от современного конца ледника до указанной конечной морены 760 м» [16, с. 47]. За исключением высоты конца ледника эти данные согласуются с положением ледника в 1957 г., которое мы реконструировали. Несовпадение высотных значений может быть связано с различными начальными пунктами отсчёта. Отметим, что на аэрофотоснимке 1957 г. и фотографии ледника Уллукам 1959 г. не наблюдается столь значительная асимметричность фронта (до 60 м), на которую указывает Л.М. Рудаков.

**1960-е годы.** В 1960 г. П.А. Иваньков, описывая язык ледника Уллукам, указывает, что он «спускается в виде клина в долину р. Кубань до высоты 3010 м» [5, с. 131]. Однако на карте, приведённой в этой статье, у конца ледника Уллукам дана высота 3110 м, что согласуется с нашими оценками для этого времени: не исключено, что это – опечатка в тексте статьи (3010 вместо 3110). Используя характерные точки рельефа, мы приблизительно привязали карту к аэрофотоснимку 1957 г. Конец ледника Уллукам на карте и на снимке расположен в одном и том же месте – на высоте 3110 м.

**1970-е годы.** Судя по имеющемуся снимку со спутника CORONA, в 1971 г. язык ледника Уллукам был раздвоен (левая часть была длиннее правой). Отступление ледника за период с 1957 по 1971 г. составило 37 м, причём в 1957 г. раздвоенный конец ледника был практически симметричен, т.е. максимальное отступление произошло в правой части языка, в то время как левая часть несколько увеличилась в размерах.

**1980-е годы.** В работе В.Д. Панова с соавторами [11] указывается, что для периода 1983–86 гг. А.Д. Пашковым зафиксировано наступание ледника Уллукам на 17,9 м; в 1986–87 гг. О.В. Остапцовым также отмечается наступание (0,6 м), а в 1987–88 гг. – уже отступление на 6,3 м. Судя по аэрофотоснимку 1987 г., конец ледника раздваивался и орографически



**Рис. 3.** Кумулятивные кривые изменения длины ледника Уллукам:

1 – по данным В.И. Кравцовой, Е.А.Золотарева [11]; 2 – по данным СКУГМС [11]; 3 – реконструкция авторов

**Fig. 3.** Cumulative curves of length changes of Ullukam Glacier. 1 – using data of V.I. Kravtsova, E.A. Zolotarev [11]; 2 – using data of SK UGMS [11]; 3 – authors' reconstruction

левая часть была несколько длиннее правой. С 1971 по 1987 г. ледник наступил на 36 м. Принимая во внимание измерения А.Д. Пашкова и О.В. Остапцова, мы можем точно сказать, что половина этого наступания произошла в период 1983–86 гг.

**1990–2010-е годы.** С 1987 по 2007 г. ледник сократился на 66 м, а с 2007 по 2009 г. – ещё на 4 м. 9 августа 2008 г. ледник оканчивался на высоте 3117 м (по данным GPS-приёмника).

Таким образом, за последние 50 лет ледник Уллукам сократился незначительно – на 71 м. Имея в виду указания Л.М. Рудакова (см. ранее), состояние, близкое к стационарному, свойственно леднику уже около 80 лет.

Пространственная реконструкция колебаний конца ледника и кумулятивная кривая его отступления приведены на рис. 2 и 3. Сравнение колебания конца ледника Уллукам с колебаниями других ледников Кавказа (Кашкаташ, Терскол) показывает, что периоды наступания ледников совпадают. С середины XIX в. язык ледника отступает, но это отступление было прервано в 1970–80-х годах.

**Отчленение ледника Уллукам от ледяного поля Эльбруса.** Использовать карты, составленные на рубеже XIX–XX вв., для определения динамики конца ледника нельзя из-за их мелких масштабов и невысокой точности. Однако на основе этих карт можно приблизительно определить время отчленения верховьев ледника Уллукам от ледниковых склонов Эльбруса. На всех изображениях, датированных ранее 1933 г., он показан не отделившимся от ледяного поля, покрывающего склоны вулкана.

М.Н. Попов сопоставил одновёрстную карту военных топографов, описания Н.А. Буша и собственные наблюдения и сделал вывод, что верховья ледника значительно изменились и в 1932 г. ледник Уллукам не был непосредственно связан с Эльбрусом. Это согласуется с нашими оценками. На туристской карте «Эльбрус», изданной в 1933 г., ледник впервые был показан не соединённым с ледниковым полем Эльбруса, в то время как положение нижней части языка почти не изменилось. Однако в 1960 г., по данным П.А. Иванькова [5], ледник Уллукам не был полностью отчленён от льдов Эльбруса. Вероятно, результаты исследований П.А. Иванькова основывались на недостаточно достоверной топографической карте 1941 г. мелкого масштаба, поэтому впоследствии они не раз подвергались критике. Как уже отмечалось, К.И. Подозерский указывает на связь ледника с Эльбрусом, т.е. отчленение его от фирнового поля Эльбруса произошло скорее всего между 1911 и 1932 г. В настоящее время ледник Уллукам не имеет связи с ледниковым склоном Эльбруса.

**Морены малого ледникового периода и более древние голоценовые формы рельефа.** Более ранние, чем описанные выше, положения конца ледника удаётся восстановить на основе дешифрирования моренного комплекса на аэрофото- и космических снимках. К сожалению, конечные морены на предполях ледника Уллукам сохранились плохо. Единственный моренный комплекс хорошей сохранности находится на высоте 2910 м на расстоянии примерно 900 м от современного конца ледника. Именно его чаще всего использовали исследователи в качестве ориентира для оценки размеров и положения конца ледника. Это – не покрытый растительностью вал высотой около 20 м (M1–M2, см. рис. 2). В 1905 г. Н.А. Буш указывал, что в 1897 г. «въ разстояніи 200–250 сажени отъ ледника находится конечная морена, не покрытая растительностью. Она идетъ поперек ущелья, невысока и соединяется по сторонам съ боковыми моренами» [2, с. 89]. По аналогии с другими ледниками Н.А. Буш относил этот вал к 1870-м годам. Позже он писал, что в 1909 г. «конечная морена находится въ разстояніи около 1 версты отъ ледника» [3, с. 484]. Данное сведение можно считать лишь весьма приблизительным, так как маловероятно, что за 12 лет ледник отступил на 540–650 м, как это следует из замечания.

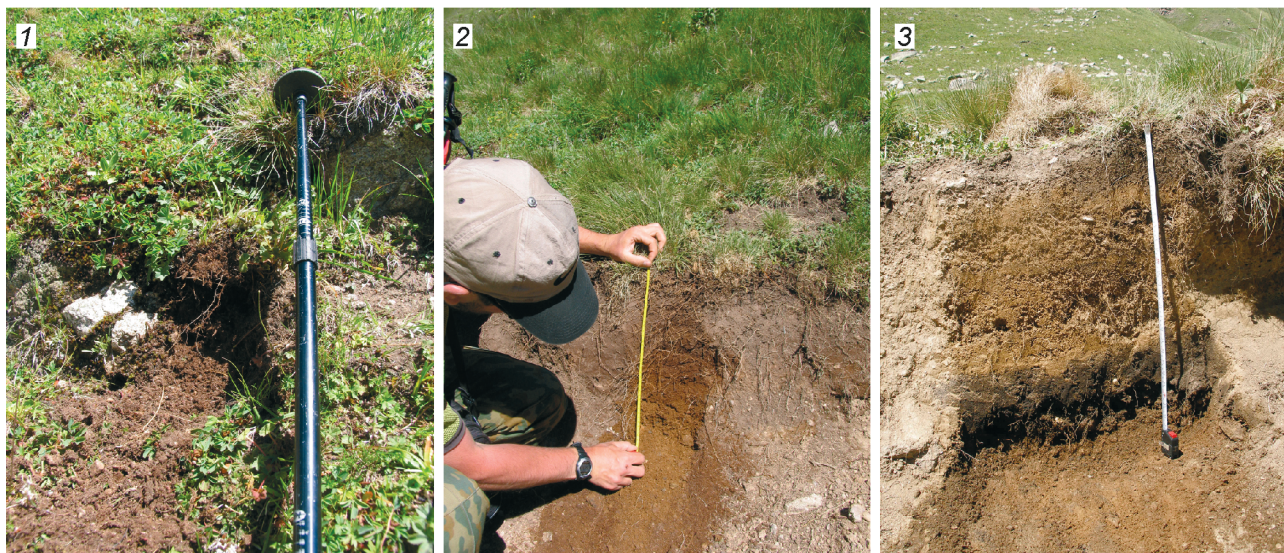
Морена M2 (см. рис. 2) частично перекрывает задернованную поверхность склона. С внешней стороны морены сохранился небольшой фрагмент более древнего задернованного моренного вала M3. Внутренняя часть основного моренного вала M2, обращённая к леднику, имеет нижний ярус M1 –

следы более молодой, но менее мощной стадии наступания или стационарирования ледника. В основном вал M1–M2 состоит из мелкообломочного материала, крупные валуны встречаются нечасто. Поверхность более древней морены M3 сохранилась в виде небольшого фрагмента и также почти лишена крупных валунов. Все это ограничивает возможности лихенометрических исследований. Мы обнаружили и измерили 45 лишайников на морене M1, 19 – на M2 и 37 – на M3. Размер максимальных лишайников на этих трёх поверхностях почти не различается и составляет соответственно 31 (один лишайник 40 мм), 33 и 31 мм. Возраст наиболее старой морены занижен, если судить о нём по размерам лишайников, так как сохранившийся фрагмент меньше площади выявления максимального лишайника [22].

Максимальный диаметр лишайников 31–33 мм отвечает примерно 100-летнему возрасту поверхности [19]. На морене M1 обнаружен один экземпляр лишайника диаметром 40 мм. Этот размер по статистическим критериям должен оцениваться как аномальный, так как он превышает следующий по размеру лишайник более чем на 20% [19]. Однако, учитывая малое количество лишайников на этих моренах вообще, в этом случае, видимо, именно этот аномальный лишайник ближе отражает истинный возраст морены. Лишайнику размером 40 мм соответствует возраст примерно 120 лет. Согласно историческим данным (см. рис. 1), в 1884 г. основной вал (M2) уже существовал, а поверхность ледника по правому борту была заметно ниже его кромки. Таким образом, оценка Н.А. Буша (1870-е годы) скорее всего относится к внутреннему валу – низкому уровню морены M1, тогда как возраст основного вала (M2) несколько больше.

Возраст основного вала (M2), видимо, старше морены M1 всего на несколько десятилетий. Об этом свидетельствуют сходство их внешнего облика (отсутствие почвенного покрова, бедная и разреженная растительность), сопряжённость в пространстве (фактически они составляют одну аккумулятивную форму рельефа) и сходные гистограммы распределения лишайников по размерам.

На предполях ледника Кашкаташ мы также обнаружили и датировали методами лихенометрии и дендрохронологии морены 1870–80-х годов. Ниже этих морен, у ледника Кашкаташ, лежит моренный вал максимального наступания ледника, образовавшийся, судя по дендрохронологическим датировкам, в 1839–1840 гг. Имея в виду сходство динамики этих ледников в конце XIX – начале XXI в., можно предположить, что и возраст морены максимального наступания в малом ледниковом периоде



**Рис. 4.** Почвенные разрезы:

1 – *P1* (высота 2890 м); 2 – *P2* (высота 2830 м); 3 – погребённая почва (высота 2813 м)

**Fig. 4.** Soils sequence:

1 – sequence *P1* (altitude 2890 m); 2 – sequence *P2* (altitude 2830 m); 3 – buried soil (altitude 2813 m)

у них может быть одинаковым, т.е. морена *M2* сформировалась в 1830–40 годы.

Положение фрагмента более древней морены *M3* неизвестного возраста, непосредственно прилегающего к морене *M2*, показывает, что масштаб этого более раннего наступания был примерно таким, как и в первой трети – середине XIX в. Фрагмент задернованной конечной морены, лежащий непосредственно перед мореной XIX в., судя по характеристикам перекрывающей его почвы, не старше нескольких столетий. Исследования показывают, что на моренах Северного Кавказа почвенный профиль не достигает зрелости и через восемь столетий после начала формирования почвы [17]. Таким образом, скорее всего все сохранившиеся морены на ближних предполях ледника Уллукам не старше малого ледникового периода (XIII–XIX вв.). Ниже этих отложений ясно выраженных моренных валов нет до высоты 2260 м. Морена на этой высоте, на слиянии рек Уллукам и Уллузень, была описана, в частности, В.С. Решетовым [14].

По левому борту молодые незадернованные полуразмытые фрагменты конечных морен налегают на небольшой фрагмент задернованной поверхности (высота 2890 м), где был исследован маломощный почвенный профиль *P1* (рис. 4). Он имеет все признаки молодости: в частности, слабую дифференцированность горизонтов и маломощный гумусовый горизонт с высоким содержанием щебня. Почва формируется в условиях хорошей аэрации и относится к типичным фрагментарным горно-луговым почвам альпийского пояса.

Почвенный профиль *P2* заложен ниже по долине вне пределов молодого моренного комплекса, на выположенной поверхности флювиогляциальной террасы на высоте 2830 м. Его отличает большая зрелость (см. рис. 4). Разрез расположен на левом борту, около лежбища яков. Растительный покров здесь представлен злаковым разнотравьем с высоким проективным покрытием, но с выбитыми проплешинами. Этот элементарный ландшафт характеризуется хорошим прогревом и промывным режимом почвы. Почва также молодая, но отличается сформированной дерниной, которая покрывает чётко выраженный гумусовый горизонт, подстилается иллювиальным горизонтом корнеобитания травянистых растений и содержит меньше щебня, чем профиль *P1*.

На противоположном борту долины, примерно напротив описанного разреза (43°18'30" с.ш., 42°22'46,4" в.д.), на высоте 2813 м на флювиогляциальной террасе высотой около 5 м в обнажении современной почвы был исследован ещё один почвенный профиль – *P3* (см. рис. 4). Почва имеет выраженные горизонты разного цвета и текстуры, и её верхняя часть (выше погребённого горизонта) сходна с почвенным разрезом *P2* на левом борту долины. Погребённый почвенный горизонт, мощностью 15 см, залегает на глубине 50 см. Погребение гумусированного горизонта, по-видимому, связано с активизацией склоновых процессов, в том числе и лавинных, так как все горизонты, лежащие выше него, обогащены неокатанными щебнистыми обломками. Морфологические разли-

чия погребённой почвы и вышележащего горизонта указывают на формирование их в разных условиях, смена которых произошла достаточно резко. Верхний, генетически отличный профиль менее гумусированной почвы, содержащей прослой грубо-обломочного материала, начал формироваться около 4000 календарных лет назад, так как возраст базального горизонта погребённой почвы составляет  $3580 \pm 80$  радиоуглеродных лет (ИГАН-3790), что соответствует календарному возрасту 3820–3983 л.н. (с вероятностью 0,79). Подобные разрезы Н.А. Володичева (личное сообщение) исследовала в долине р. Баксан, и, по её мнению, периоды накопления обломочного материала и формирования щебнистых почв совпадают с увеличением снежности и лавинной активности.

Гумусированный горизонт залегает на грубо-обломочных отложениях, скорее всего имеющих флювиогляциальное происхождение. Сохранность этого горизонта и в целом ненарушенность почвенного профиля свидетельствуют, что, как минимум за последние 4 тыс. лет, ледник Уллукам ни разу не спускался до высоты 2813 м, т.е. до того места, где была обнаружена погребённая почва. Более того, гумусированный горизонт, по-видимому, сформировался в условиях, существенно отличных от позднего голоцена.

### Обсуждение результатов

**Оценка точности картографических реконструкций колебания ледника Уллукам.** При реконструкции использовались материалы разного пространственного разрешения (от десятков метров до 1 м), поэтому точность полученной информации различна. Так, для космического снимка CORONA точность определения границ ледника составляет 13 м, для аэрофотоснимков максимальное расхождение в положении характерных точек рельефа — 9 м, для старых карт ошибка равна первым десяткам метров. Эти оценки получены путём подсчёта расхождений в местоположении шести выбранных характерных точек рельефа. Оценить точность реконструированных на основе старых фотографий и описаний положений ледника можно только качественно, поэтому на нашей схеме они изображены пунктирной линией с достаточной мерой условности (см. рис. 2). Более точные результаты даёт парная фотография, однако при её использовании необходимо учитывать параметры съёмочных систем. При детальном рассмотрении наложенных друг на друга парных снимков можно заметить незначительные расхождения характерных точек рельефа. Преимущественно они проявляются на краях снимка и обусловлены

различными фокусными расстояниями используемых фотоаппаратов.

**Сравнение авторской реконструкции колебаний ледника Уллукам в XIX–XX вв. с оценками других авторов.** В монографии В.Д. Панова с соавторами приведена таблица колебаний ледника Уллукам [11, с. 212], в которую сведены данные измерений разных исследователей. Из неё следует, что оценки разных авторов часто расходятся (см. рис. 3). Так, по оценкам Е.А. Золотарева, с 1887 по 1997 г. ледник Уллукам сократился на 588 м, а по данным сотрудников СКУГМС сокращение с 1887 по 2004 г. составило лишь 309 м (при интерполяции на 1997 г. — 299 м). Согласно нашей, приведённой здесь реконструкции, с 1887 по 2009 г. ледник сократился на 631 м, что полностью согласуется с данными Е.А. Золотарева [11]: при допущении, что скорость отступления между 1989 и 2007 г. была постоянной, для 1997 г. величина отступления составляет 590 м. Однако в статье Е.А. Золотарева с соавторами о сокращении оледенения Эльбруса в XX в. [4] приведены другие данные: с 1957 по 1997 г. ледник Уллукам сократился на 128 м, т.е. сокращение за указанный период было на 140 м меньше, чем указано в монографии В.Д. Панова и соавторов [11]. Длина ледника, приведённая Е.А. Золотаревым и соавторами [4], также совершенно не согласуется с нашими данными (3479 м против 1692 м). Имея в виду ограниченный круг источников, объяснить причины столь существенных расхождений трудно.

**Колебания ледника Уллукам в голоцене и их климатический фон.** Как уже отмечалось ранее, ниже морен малого ледникового периода на правом борту находится флювиогляциальная терраса с ненарушенным горизонтом погребённой почвы на высоте 2813 м с возрастом базального горизонта  $3580 \pm 80$  радиоуглеродных лет (ИГАН-3790). Интерпретация данных радиоуглеродного датирования почв очень сложна, так как почва обменивается углеродом со средой и углерод в ней постоянно омолаживается. Только после её погребения этот процесс прекращается или замедляется, если возможность обмена сохраняется. Таким образом, возраст датированного нами базального горизонта свидетельствует не о начале формирования почвы, а скорее о верхнем рубеже её существования.

Наша датировка совпадает с датировкой погребённой почвы ( $3720 \pm 140$  л.н.), приведённой для Западного Кавказа Н.О. Ковалевой [8]. Две из трёх датировок горизонта В (по одной фракции гуминовых кислот) в современных альпийских почвах долины р. Теберда (р. Хатипара), приведённые И.В. Павловой и В.Г. Онипченко ( $3610 \pm 80$  ИГАН-746 и  $3630 \pm 60$  л.н. ИГАН-745) [10], также почти

совпадают с полученным нами возрастом в долине Уллукам. Датировки получены по современным почвам, поэтому указывают на некий осреднённый возраст их формирования, омоложенный по отношению к истинному времени начала почвообразования. И.В. Павлова и В.Г. Онипченко [10] полагают, что начало формирования современных почв относится к тёплому атлантическому периоду (8000–5000 радиоуглеродных лет назад). Дополнительным аргументом для этого служит максимальное количество пыльцы термофильных широколиственных пород в соответствующих нижних горизонтах этих почв. По-видимому, и начало формирования гумусированного погребённого почвенного горизонта в долине Уллукам относится к этому времени. Подобные почвы на таких высотах в приледниковых ландшафтах Центрального Кавказа в настоящее время не формируются. Это означает, что при образовании погребённого горизонта климатические условия и растительность существенно отличались от современных: климат был теплее, а растительность богаче. Мощность погребённого горизонта, его обогащённость гумусом говорят в пользу длительного, минимум 1000-летнего этапа, необходимого для его формирования. Наличие этой почвы чётко указывает на то, что ледник не спускался до этой высоты в течение последних четырёх тысячелетий.

По спорово-пыльцевым и биостратиграфическим данным А.В. Князев и др. [7] выделяют на Северном Кавказе тёплый период от примерно 5800 до 3300 календарных л.н. (здесь и далее все даты откалиброваны при помощи программы Oxcal), причём между датами 5100–4000 л.н. и 4000–3500 л.н. они отмечают кратковременные похолодания. По археологическим данным установлено, что в интервале 3600–3400 л.н. между р. Кубань на западе и г. Нальчик на востоке на высотах 1400–2400 м существовала «высокогорная» цивилизация бронзового века. После её исчезновения на такой высоте в горном обрамлении Кисловодской котловины уже не было постоянных поселений [25]. Можно предполагать, что климатические условия во время существования этих поселений были крайне благоприятными. Мы предполагаем, что именно этот переход от тёплого климата Атлантики к холодному периоду между 3000 и 4000 л.н. и отражён в нашем разрезе в виде перехода от гумусированной погребённой почвы, сформировавшейся в тёплый период, к верхней слабогумусированной толще, характерной для нынешнего этапа почвообразования.

Эта версия хорошо вписывается в глобальный контекст изменений климата и ледников в голоцене. Так, в целом период с 8400 по 6200 л.н. в Север-

ном полушарии был тёплым и характеризовался малым оледенением. Потепление отмечалось и в период 4900–3900 л.н. в Альпах и на Аляске [19], а на Алтае, на предгорьях ледников, где сейчас не растёт лес, найдены многочисленные древесные остатки, датированные в интервале 4300–3700 л.н. Начало значительного и устойчивого похолодания и наступания ледников («неогляциал») относится к 4200–3800 л.н. В это время ледники начали наступать в Альпах, Скандинавии, Гималаях, на западе Канады, в Скалистых горах, на Аляске, в тропиках Южной Америки, Африки, в Новой Зеландии [19, 22]. Таким образом, время этого перехода совпадает с нашей датировкой погребённой почвы и переходом от тёплой эпохи, характеризовавшейся стабильными условиями почвообразования, к периоду похолодания и активизации склоновых процессов.

### Выводы

1. Впервые положение конца ледника Уллукам на девяти временных срезах в конце XIX – начале XXI в. получило точную пространственную привязку. Отступление конца ледника с 1884 по 2009 г. составило 775 м. С 1971 по 1987 г. ледник наступил на 36 м, причём половина этого наступания произошла в 1983–1986 гг.

2. В комплексе молодых морен ледника Уллукам выделено три стадии наступания или стационарирования примерно равной амплитуды. Во время максимального продвижения ледник был на 889 м длиннее, чем в 2009 г. Два последних наступания, с большой вероятностью, относятся к первой трети – середине XIX в. и к 1870-м годам.

3. Возраст базального горизонта погребённой почвы, обнаруженной на расстоянии 1,5 км от конца ледника, по данным радиоуглеродного датирования, составляет около  $3580 \pm 80$  л.н. Почва формировалась в более тёплых условиях, чем современные. Ненарушенность почвенного профиля свидетельствует, что ледник не спускался до высоты 2813 м, по крайней мере, в последние четыре тысячелетия, а возможно, и с начала голоцена.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 11-05-00304.

### Литература

1. Атлас Ледников Эльбруса: Ч. 1. Фотоснимки ледников. М.: изд. МГУ, 1965. 21 с.
2. Буш Н.А. Ледники Западного Кавказа // Зап. Императорского русского географического общества по общей географии. 1905. Т. XXXII. № 4. С. 87–89.
3. Буш Н.А. О состояніи ледниковъ севернаго склона Кавказа въ 1907, 1909, 1911 и 1913 годахъ // Изв. Импера-

- торского русского географического общества по общей географии. 1914. Т. L. Вып. V и IX. С. 461–510.
4. *Золотарёв Е.А., Алейников А.А., Харьковец Е.Г.* Сокращение оледенения Эльбруса в XX веке // МГИ. 2005. Вып. 98. С. 162–166.
  5. *Иваньков П.А.* Оледенение Эльбруса // Изв. ВГО. 1960. Т. 92. Вып. 2. С. 124–135.
  6. Каталог ледников СССР: Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Ч. 1–4. Бассейн реки Кубани. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 124 с.
  7. *Князев А.В., Савинцевский А.Б., Гей Н.А.* История растительного покрова северной Осетии в голоцене // Историческая экология диких и домашних копытных: История пастбищных экосистем. М.: Наука, 1992. С. 84–108.
  8. *Ковалева Н.О.* Горные почвы Евразии как палеоклиматический архив позднеледниковья и голоцена: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра биол. наук. М.: МГУ, 2009. 52 с.
  9. *Михайловский В.Г.* Горные группы и ледники Центрального Кавказа // Землеведение: Периодич. издание геогр. отделения Императорского Общества Любителей Естественного знания, Антропологии и Этнографии. Кн. 1 / Под ред. Анучина. М.: Высочайше утвержденное Товарищество Скоропечатни А.А. Левенсонъ, 1894. С. 121–184.
  10. *Павлова И.В., Онинченко В.Г.* Динамика альпийской растительности северо-западного Кавказа в голоцене // Историческая экология диких и домашних копытных: История пастбищных экосистем. М.: Наука, 1992. С. 109–129.
  11. *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.
  12. *Подозерский К.И.* Ледники Кавказского хребта // Зап. Кавказского отделения Императорского Русского Географического Общества. 1911. Кн. 29. Вып. 1. 200 с.
  13. *Попов Н.М.* Оледенение юго-западных склонов Эльбруса // Исследования ледников СССР. 1935. Вып. 2–3. С. 37–47.
  14. *Решетов В.С.* Деграция голоценового оледенения в бассейне р. Уллукам // Гляциология Северного Кавказа: Вып. 13. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 25–34.
  15. *Рудаков Л.Н.* Современное оледенение Северного и Западного склонов Эльбруса // Информ. сб. о работах по МГГ. 1959. № 4. С. 5–53.
  16. *Рудаков Л.Н.* Западный сектор оледенения Эльбруса // МГИ: Эльбрус. Гляциогейоморфология. 1962. С. 47–49.
  17. *Серебрянный Л.Р., Голодковская Н.А., Орлов А.В., Малясова Е.С., Ильвес Э.О.* Колебания ледников и процессы моренонакопления на Центральном Кавказе. М.: Наука, 1984. 216 с.
  18. *Соловьев С.П.* О состоянии ледников Эльбрусского района и к вопросу о причине их отступления // Изв. ГГО. 1933. Т. LXV. С. 151–166.
  19. *Соломина О.Н.* Горное оледенение Северной Евразии в голоцене. М.: Научный мир, 1999. 263 с.
  20. *Фролов Я.И.* Результаты обследования ледников летом 1929 г. // Исследования ледников СССР. 1934. Вып. 1. С. 57–63.
  21. *Freshfield D.W.* The Exploration of the Caucasus: V. 1. London and New York, 1896. 278 p.
  22. *Innes J. L.* Lichenometry // Progress in Physical Geography. 1985. V. 96. № 2. P. 187–254.
  23. *Merzbacher G.* Aus den Hochregionen des Kaukasus. Leipzig: Duncker & Humblot, 1901. V. 1. 958 p.
  24. *von Déchy M.* Kaukasus Reisen und Forschungen im kaukasischen Hochgebirge: Bänd 1. Berlin, 1905. 348 p.  
[http://www.inright.ru/news/science/20101011/id\\_4633/](http://www.inright.ru/news/science/20101011/id_4633/) Белинский А.А. В Кавказских горах обнаружены следы неизвестной культуры бронзового века: Новости науки и техники.

### Summary

Using instrumental archives, aerial photographs, satellite images, old maps, descriptions of early explorers and old photographs we identified and mapped nine front positions of the Ullukam Glacier (SW slope of Elbrus) for the period from the end of XIX to the early XXI centuries. In 1884–2009 glacier retreated by 775 m. It advanced from 1971 to 1987 (36 m). The glacier fluctuations in the previous period were reconstructed using geomorphologic data, lichenometry, modern and buried soil description and radiocarbon analyses. We identified three Little Ice Age moraines of almost equal magnitude when the Ullukam Glacier was 889 m longer than in 2009. Two later advances occurred in the first third to middle of XIX century and in 1870s The recent fluctuations of the Ullukam Glacier closely correspond to the retreat two other glaciers in Elbus area. The location of the buried soil in the valley of Ullukam glacier brings evidence that the glacier have not advanced lower than 2813 m a.s.l. at least during the last four thousand years.