

Мухтар Юсубович Беккиев

Высокогорный геофизический институт, директор, профессор, доктор технических наук, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, e-mail: mbekk@mail.ru

Михаил Дмитриевич Докукин

Высокогорный геофизический институт, ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук, г. Нальчик, e-mail: inrush@bk.ru

Руслан Хажбарович Калов

Высокогорный геофизический институт, заместитель директора по научной работе, доцент, кандидат физико-математических наук, г. Нальчик, e-mail: ruslan_kalov@mail.ru

Сергей Иванович Шагин

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, начальник Управления научных исследований и инновационной деятельности, профессор, доктор географических наук, г. Нальчик, e-mail: uniid-sergey@yandex.ru

Деградация ледников в бассейне реки Земегондон (Центральный Кавказ) в 1957–2021 годах

Аннотация. На основе анализа разновременных аэрофотоснимков и космоснимков приведены данные о масштабах и темпах деградации ледников в бассейне р. Земегондон (Центральный Кавказ, Республика Северная Осетия-Алания) за период 1957–2021 гг. Самые крупные ледники района № 317 и 270 потеряли 0,57 км² и 0,42 км² площади (59,4 % и 45,4 %). Убыль площади ледников № 275, 276 и 278 на склоне г. Халаца составила 64,9–71,5 %. Масштабы деградации ледника № 269 были минимальны (35,3 %) по причине влияния бронирующего от абляции обломочного чехла обвала 2008 г. На основе выявленного в период 1975–2007 гг. нового моренного вала сделан вывод о подвиге ледника № 275 на расстояние около 240 м в 1995 г.

Ключевые слова: ледник, деградация ледника, конечно-моренный вал, обвал, подвижка ледника.

Mukhtar Yu. Bekkiev

High-Mountain Geophysical Institute, Professor, Dr., Director, Nalchik, e-mail: mbekk@mail.ru

Mikhail D. Dokukin

High-Mountain Geophysical Institute, PhD., Leading Researcher, Nalchik, e-mail: inrush@bk.ru

Ruslan Kh. Kalov

High-Mountain Geophysical Institute, Docent, PhD., Deputy Director for Scientific Work, Nalchik, e-mail: ruslan_kalov@mail.ru

Sergey I. Shagin

H.M. Berbekov Kabardino-Balkar State University, Dr., Department of Scientific Research and Innovation, Head of the Department, Nalchik, e-mail: uniid-sergey@yandex.ru

Degradation of glaciers in the Zemegondon river basin (Central Caucasus) in 1957-2021

Abstract. Based on the analysis of multi-time aerial photographs and satellite images, data on the scale and rate of degradation of glaciers in the Zemegondon River basin (Central Caucasus, Republic of North Ossetia-Alania) for the period 1957–2021 are presented. The largest glaciers of the area No. 317 and 270 lost 0.57 km² and 0.42 km² of area (59.4% and 45.4%). The decrease in the area of glaciers No. 275, 276 and 278 on the slope of Mount Khalatsa was 64.9-71.5%. The scale of degradation of glacier No. 269 was minimal (35.3%) due to the impact of the 2008 rock avalanche of the ablation-resistant debris cover. Based on the new moraine ridge identified in the period 1975–2007, a conclusion was made about the surge of glacier No. 275 at a distance of about 240 m in 1995.

Keywords: glacier, glacier degradation, terminal moraine ridge, rock avalanche, glacier surge.

ВВЕДЕНИЕ

Вызванная потеплением климата деградация горных ледников продолжается и усиливается. Этому процессу посвящено большое количество публикаций с использованием космических снимков. В работе [10] приведены данные о состоянии оледенения Альп за период 2003–2016 гг. На основе анализа космоснимков Sentinel-2 за 2015–2016

гг. идентифицировано 4 395 ледников крупнее 0,01 км², занимающих площадь 1 806 км². По сравнению с предыдущей инвентаризацией в 2003 г. сокращение площади ледников составило около 300 км², или 14 % (в среднем 1,2 % в год). При этом отмечено, что проведение границ ледников остается сложной задачей. По данным [9] по результатам обработки космоснимков Sentinel-2 2017–2018 гг. на Кавказе обнаружено 2 046 ледников общей

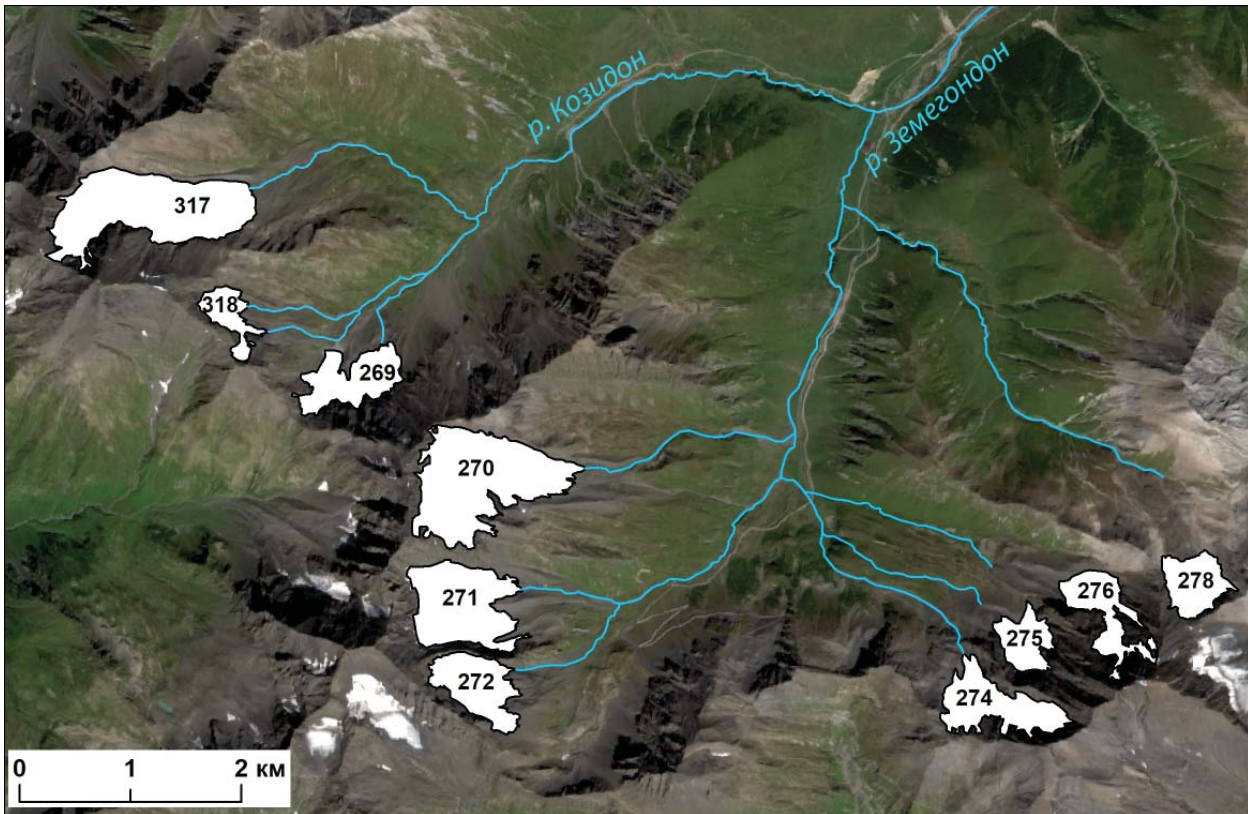


Рис. 1. Схема расположения ледников в бассейне р. Земегондон
 Номера ледников соответствуют [6]. Контуры ледников показаны в границах 1957 г. Подложка космоснимок Sentinel-2 от 01.09.2020

площадью 1 067 км². По сравнению с данными Каталога ледников СССР площадь ледников северного макросклона Большого Кавказа уменьшилась на 28,5 %. За период 1986–2018 гг. оледенение сократилось на 415 км² со средней скоростью 0,87 % в год. Основные долинные ледники Центрального Кавказа за 1957–2020 гг. в среднем уменьшились на 12,2 % (от 1–2 % до 40 %). При этом в период 2015–2020 гг. темпы деградации оледенения Эльбруса увеличились в 5 раз [2]. Оледенение РСО-А по данным [4] на основе сравнения топографических карт (1957 г.) и космоснимков Google Earth (по данным [4] отнесены к 2020 г.) за 63 года сократилось на 40 % со средней скоростью 0,63 % в год. Конкретные данные по ледникам в бассейне р. Земегондон за период 1957–2014 гг. приведены в работе [1]. С учетом того, что в последние годы появилась возможность использовать большое количество космоснимков разных лет и сравнивать их параметры практически ежегодно в периоды наименьшего покрытия снегом, авторами проведена корректировка данных, приведенных в [1] и [5], и оценка современных темпов деградации ледников в бассейне р. Земегондон на территории будущей туристско-рекреационной зоны «Мамисон».

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены с использованием аэрофотоснимков 14.09.1957 г. и 1975 г. (без конкретной даты), имеющих в архиве ФГБУ «ВГИ» в виде контактных отпечатков на фотобумаге. С сайта Sentinel Hub EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) были получены космоснимки Sentinel-2 за период 2015–2021 гг. в формате TIFF в системе координат WGS84 проекции UTM разрешением 10 м с различными вариантами обработки (True color, False color, Highlight Optimized Natural Color). Космоснимок сверхвысокого разрешения World View-2 от 22.09.2010 г. любезно представлен ИТЦ «СканЭкс». Космоснимки WorldView2 от 26.07.2007 г. и 19.08.2019 г. получены с ресурса Google Earth.

Аэрофотоснимки и космоснимки с ресурса Google Earth привязывались к космоснимкам Sentinel-2 по опорным точкам в программе ArcMap. В этой программе проводилось сравнение разновременных космоснимков с использованием инструмента «Зашторить слой» (Swipe Layer) для интерактивного отображения разновременных слоев с целью корректировки привязки и проведения границ ледников.

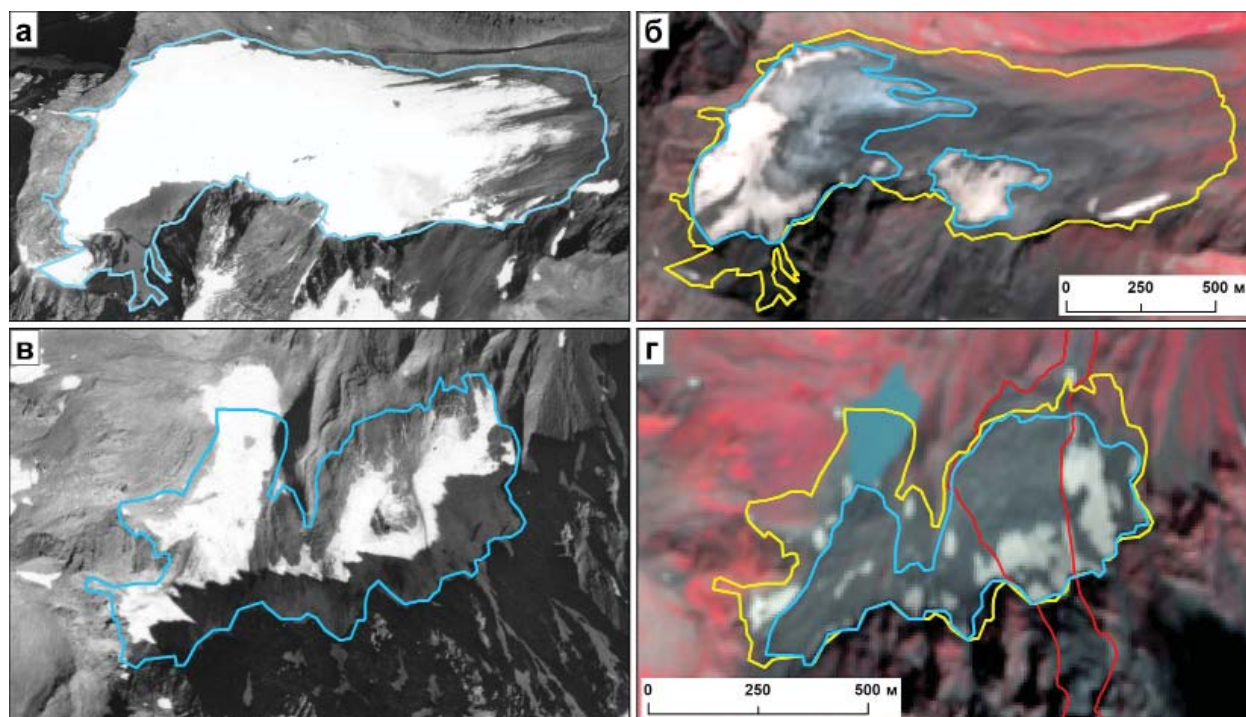


Рис. 2. Деградация ледников в долине р. Козидон

Ледник Козицете (№ 317): а – аэрофотоснимок 14.09.1957 г., б – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г. Желтые линии – границы ледника в 1957 г.
Ледник № 269: в – аэрофотоснимок 14.09.1957 г., г – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г. Желтые линии – границы ледника в 1957 г. Красные линии – зона поражения обвалом 2008 г.

Границы ледников проводились с учетом изменений, которые происходят за период между съемками участка ледника, а также по результатам анализа признаков движения поверхности ледника в сравнении нескольких разновременных снимков в заморенной его части. Период 2015–2021 гг. характеризовался наличием большого количества космоснимков Sentinel-2, что позволяло просматривать интерактивно разные по времени космоснимки и выявлять активные и омертвевшие части ледников. Таким образом преодолевались сложности определения границ ледников с наличием обломочного чехла. Сравнение космоснимков 1957 и 1975 гг. позволяло уточнять границы ледников в 1957 г., окончания и области питания которых были частично покрыты снегом. Контуры ледников корректировались по результатам просмотра большого количества космоснимков, и тем самым увеличивалась точность (в итоге выше, чем 10 м по периметру). Параметры площади ледников оценивались с точностью 0,01 км². В случае выявленных меньших значений площади приводились данные с точностью до 1 000 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования ледников проводились на участке верховьев долин рек Зедегондон и ее притока р. Козидон (рис. 1). Сравнение параметров и оцен-

ка изменений дана для ледников, которые в 2021 г. продолжали существовать. Нумерация ледников незначительно отличалась от представленной в [5], касательно ледника № 318, для которого название в [5] не соответствовало [6]. В остальных случаях названия ледников соответствовали номерам в работе [6].

На рис. 2 показаны границы ледников в 1957 и 2021 гг. в верховьях реки Козидон. Следует отметить, что параметры ледника № 317 в [5] оказались заниженными, даже в сравнении с 1975 г., более чем в 2 раза (табл. 1).

Длина ледника № 317 (рис. 2, а, б) с 1957 г. уменьшилась на 860 м, а площадь – на 0,56 км² (60 %). Причем за период 2010–2021 гг. уменьшение площади составило 0,31 км² (0,028 км² в год), а за период 1957–2010 – 0,25 км² (0,005 км² в год). Ежегодное сокращение площади в последние 11 лет было больше в 5,6 раза, чем в предыдущие 53 года. Это кроме всего прочего произошло за счет распада ледника на два ледника и отделения от ледника массивов мертвых льдов. Резкое уменьшение площади произошло у образовавшегося правого ледника за счет отделения массива мертвого льда – части ледника, закрытого мощным обломочным чехлом обвалов и камнепадов. Эта часть ледника отделилась в последние 2 года. До этого было заметно движение массива при сравнении космоснимков.

Таблица 1

Площадь ледников в долине р. Козидон в разные годы

Номер ледника	Площадь, км ²	Год	Примечание
269	0,2	1969	Каталог ледников [5]
269	0,35	1957	Аэрофотоснимок
269	0,31	1975	Аэрофотоснимок
269	0,23	2021	Космоснимок Sentinel-2
317	0,4	1969	Каталог ледников [5]
317	0,96	1957	Аэрофотоснимок
317	0,82	1975	Аэрофотоснимок
317	0,69	2010	Космоснимок 22.09.2010
317а	0,32	2021	Космоснимок Sentinel-2
317б	0,061	2021	Космоснимок Sentinel-2
318	0,17	1957	Аэрофотоснимок
318а	0,085	1975	Аэрофотоснимок
318б	0,017	1975	Аэрофотоснимок
318а	0,041	2010	Космоснимок 22.09.2010
318б	0,014	2010	Космоснимок 22.09.2010
318а 1	0,0024	2021	Космоснимок Sentinel-2
318а 2	0,0032	2021	Космоснимок Sentinel-2
318а 3	0,0030	2021	Космоснимок Sentinel-2
Итого:	0,63	2021	Космоснимок Sentinel-2

Практически почти исчез ледник № 318, расположенный на высотах ниже 3 200 м на склоне юго-восточной экспозиции и не имеющий лавинного питания. Ранее он имел площадь в 1957 г. – 0,17 км², в 1975 г. – 0,1 км² (табл. 1).

На рис. 2 (в, г) показана динамика ледника № 269, который испытал воздействие обвала в 2008 г., накрывшего его мощным обломочным чехлом [3].

Площадь ледника № 269 уменьшилась незначительно – с 0,35 до 0,23 км² (34 %). В основном сократилась его левая часть, не испытывавшая воздействия обвала, но подвергавшаяся камнепадам. В период 1957–1975 гг. ледник № 269 незначительно наступал – на расстоянии 50 м от конца ледника в 1975 г. зафиксирован новый моренный вал.

Самым крупным в долине р. Зедегондон является ледник № 270, площадь которого в 1957 г. была немногим меньше 1 км². На рис. 3 (а, б) показана динамика ледника в 1957–2021 гг.

Убыль площади ледника № 270 с 1957 по 2010 гг. составила – 0,28 км² (29 %, 0,0053 км² в год), а с 2010 по 2021 гг. – 0,145 км² (0,0132 км² в год). В последние годы темпы деградации ледника возросли в 2,5 раза. Длина ледника за 1957–2021 гг. уменьшилась на 510 м. За 1957–2021 гг. перед ледником не образовалось новых валов, что свидетельствует о том, что не было периодов наступания или пульсаций. Обвалы на поверхности ледника не зафиксированы.

Площади ледников долины р. Зедегондон приведены в таблице 2.

На рис. 3 (в, г) показана динамика ледника № 271. Убыль его площади с 1957 по 2010 гг. составила – 0,2 км² (32,8 %; 0,0038 км² в год), а с 2010 по 2021 гг. – 0,06 км² (0,0055 км² в год). В последние годы темпы деградации ледника возросли в 1,45 раза. Длина ледника за 1957–2021 гг. уменьшилась на 255–350 м.

На рис. 3 (д, е) показана динамика ледника № 272.

Убыль его площади с 1957 по 2010 гг. составила – 0,1 км² (28,6 %; 0,0019 км² в год), а с 2010 по 2021 гг. – 0,06 км² (0,0055 км² в год). В последние годы темпы деградации ледника возросли в 2,9 раза. Длина ледника за 1957–2021 гг. уменьшилась на 200–270 м.

Отдельным районом оледенения в бассейне р. Зедегондон является массив горы Халаца (3 938 м). На рис. 1 – это ледники № 274, 275, 276, 278. Самым крупным из этих ледников является ледник № 274. Динамика ледника 274 показана на рис. 4 (а, б). Убыль его площади с 1957 по 2010 гг. составила – 0,12 км² (29,3 %; 0,0023 км² в год), а с 2010 по 2021 гг. – 0,1 км² (0,0091 км² в год). Общая убыль площади за 1957–2021 гг. составила 0,22 км² (53,7 %). В последние годы темпы деградации ледника возросли в 4 раза. Длина ледника за 1957–2021 гг. уменьшилась на 280 м.

Убыль площади ледника № 275 с 1957 по 1975 гг. составила – 0,04 км² (19,0 %; 0,0022 км² в год), а с 1975 по 2021 гг. – 0,096 км² (0,0021 км² в год). Общая убыль площади ледника за 1957–2021 г. соста-

Таблица 2

Площадь ледников в долине р. Земегондон в разные годы

Номер ледника	Площадь, км ²	Год	Примечание
270	0,9	1969	Каталог ледников [5]
270	0,96	1957	Аэрофотоснимок
270	0,85	1975	Аэрофотоснимок
270	0,68	2010	Космоснимок 22.09.2010
270а	0,52	2021	Космоснимок Sentinel-2
270б	0,015	2021	Космоснимок Sentinel-2
271	0,3	1969	Каталог ледников [5]
271	0,61	1957	Аэрофотоснимок
271	0,51	1975	Аэрофотоснимок
271	0,41	2010	Космоснимок 22.09.2010
271	0,35	2021	Космоснимок Sentinel-2
272	0,3	1969	Каталог ледников [5]
272	0,35	1957	Аэрофотоснимок
272	0,32	1975	Аэрофотоснимок
272	0,25	2010	Космоснимок 22.09.2010
272	0,19	2021	Космоснимок Sentinel-2
274	0,4	1969	Каталог ледников [5]
274	0,41	1957	Аэрофотоснимок
274	0,36	1975	Аэрофотоснимок
274	0,29	2010	Космоснимок 22.09.2010
274	0,19	2021	Космоснимок Sentinel-2
275	0,1	1969	Каталог ледников [5]
275	0,21	1957	Аэрофотоснимок
275	0,17	1975	Аэрофотоснимок
275а	0,067	2021	Космоснимок Sentinel-2
275б	0,0066	2021	Космоснимок Sentinel-2
276	0,1	1969	Каталог ледников [5]
276	0,31	1957	Аэрофотоснимок
276	0,22	1975	Аэрофотоснимок
276а	0,044	2021	Космоснимок Sentinel-2
276б	0,044	2021	Космоснимок Sentinel-2
276 в	0,0087	2021	Космоснимок Sentinel-2
276 г	0,0026	2021	Космоснимок Sentinel-2
278	0,3	1969	Каталог ледников [5]
278	0,26	1957	Аэрофотоснимок
278	0,20	1975	Аэрофотоснимок
278	0,074	2021	Космоснимок Sentinel-2
Итого:	1,51	2021	Космоснимок Sentinel-2

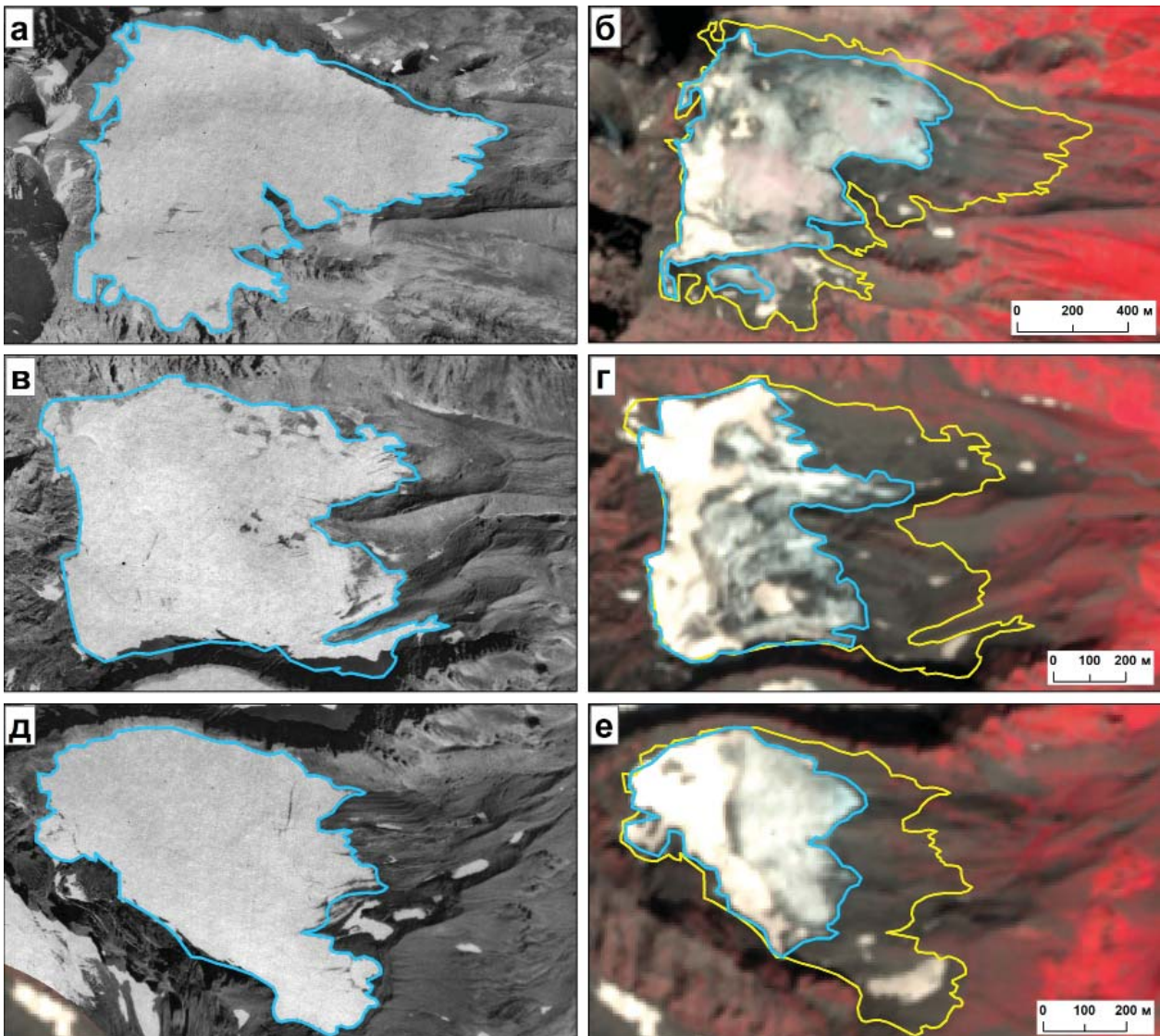


Рис. 3. Деградация ледников левого склона долины р. Земегондон
Голубые линии – границы ледников на дату аэрофотоснимка или космоснимка. Желтые линии – границы ледников в 1957 г. Ледник № 270 (а – аэрофотоснимок 14.09.1957 г, б – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г.), ледник № 271 (в, г), ледник № 272 (д, е). Даты снимков в-е аналогичны вышеуказанным

вила 0,136 км² (65 %). В последние годы темпы деградации ледника отдельно не определялись. Длина ледника за 1957–2021 гг. уменьшилась на 160 м. В процессе дешифрирования космоснимков на участке перед ледником № 275 в период 1975–2007 гг. было выявлено появление нового моренного вала, который на *рис. 4 (г)* отмечен красной линией. На *рис. 5* этот участок показан более подробно.

В тылу нового моренного вала поверхность стала более сглаженной. Тот факт, что фронтальная часть моренного вала расположена на расстоянии 240 м от границы ледника в 1975 г.

позволяет предполагать резкую подвижку ледника в период времени 1957–2007 гг. Это именно подвижка ледника, а не ледово-каменный обвал, так как в тыловой зоне вала отсутствуют значительные массы обломочного материала, как это бывает у отложений ледово-каменных лавин. Детальный последовательный просмотр космоснимков Landsat 5 этого участка за период 1989–1995 гг. показал значительные изменения поверхности морен и мертвых льдов ниже ледника № 275 на рубеже 1994–1995 гг. Причем на космоснимке 16.09.1995 г. видна поперечная трещина, пересекающая ледник в верхней его части,

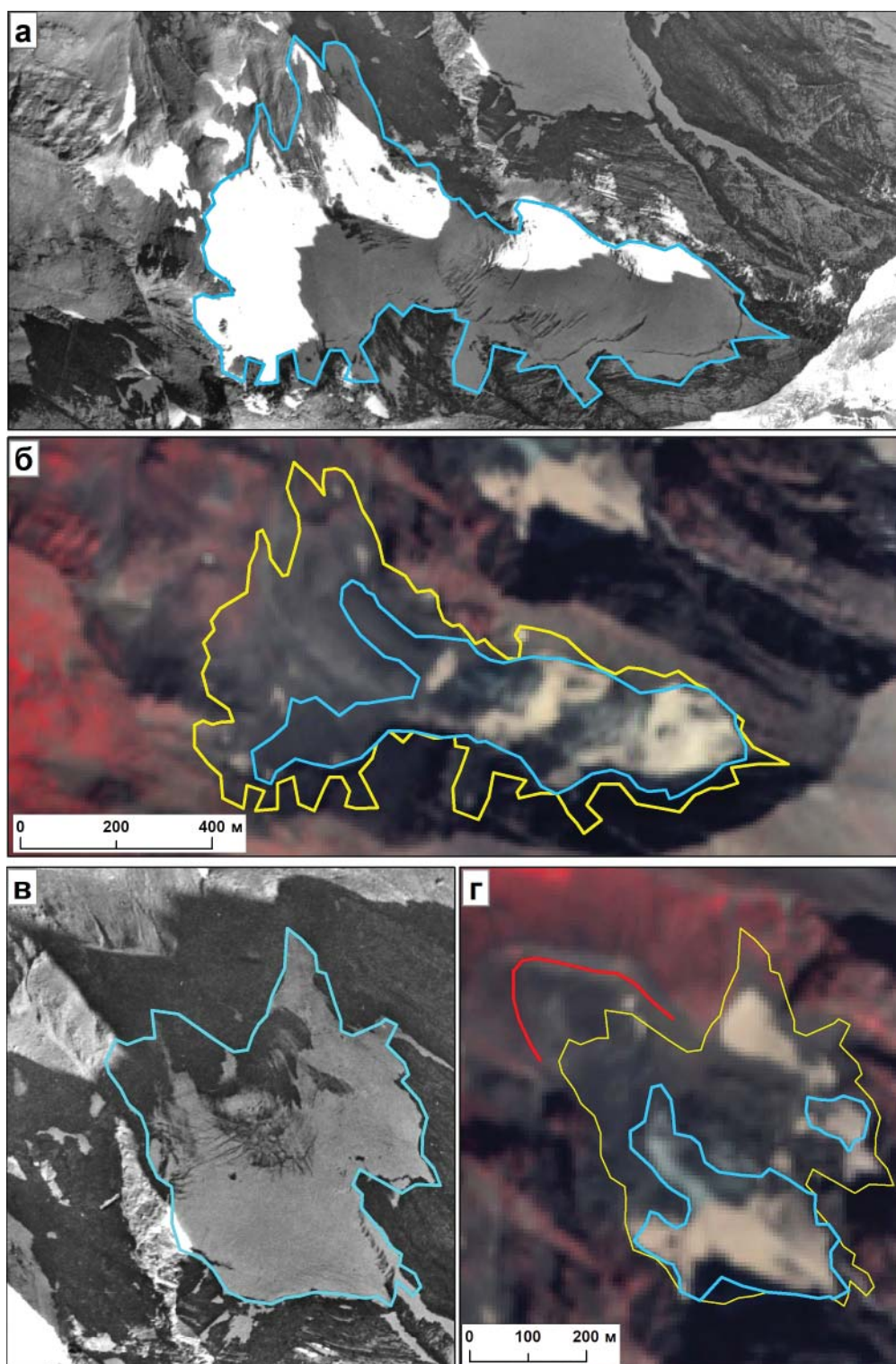


Рис. 4. Деградация ледников № 274 и 275 на склоне г. Халаца

Ледник № 274 (а – аэрофотоснимок 14.09.1957 г., б – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г.), ледник № 275 (в – аэрофотоснимок 14.09.1957 г., г – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г.). Голубые линии – границы ледников на дату аэрофотоснимка и космоснимка, желтые линии – границы ледников в 1957 г., красная линия – граница подвижки ледника в 1995 г.

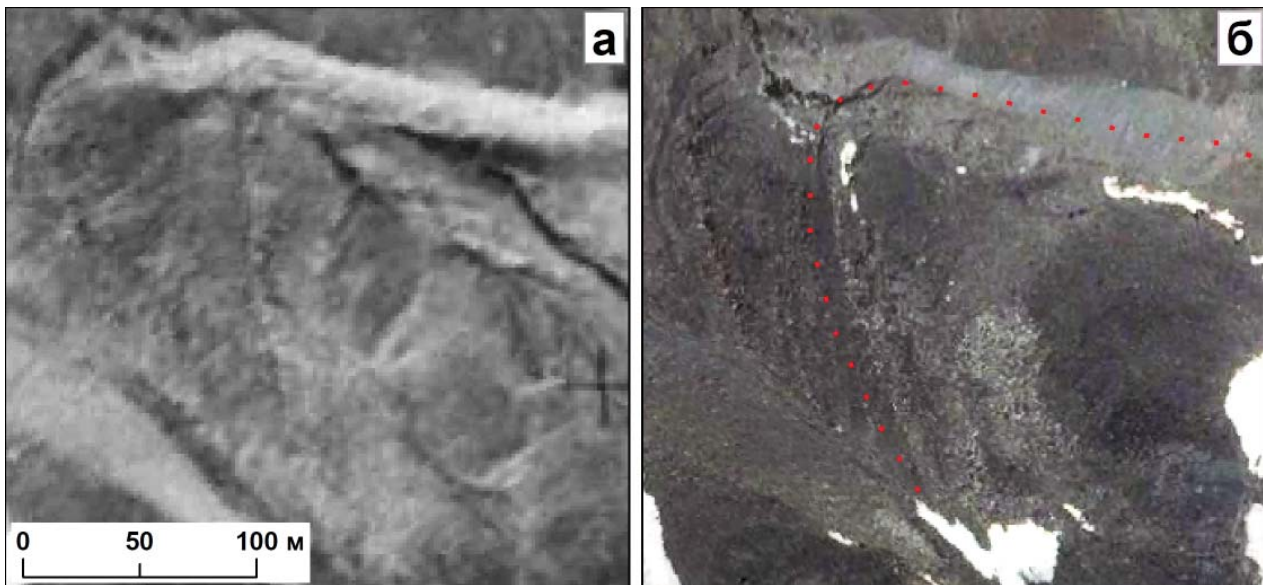


Рис. 5. Участок моренного комплекса ледника № 275
а – аэрофотоснимок 1975 г., б – космоснимок World View 2 26.07.2007. Красная пунктирная линия – моренный вал от подвижки ледника в 1995 г.

как стенка отрыва. Разрешение космоснимков не позволяет подробно охарактеризовать этот процесс. Но этот факт, а также наличие других моренных валов на снимках 1957 и 1975 гг. свидетельствует о том, что подвижки были и раньше. Следовательно, на этом участке такие процессы не исключены и в будущем, так как современный вид ледника говорит о том, что объем сброшенной массы льда быстро восстановился и при этом конец языка ледника № 275 расположен немного правее, чем раньше.

На рис. 6 (а, б) показана динамика ледника № 276. Единый в 1957 и 1975 гг. ледник № 276 в XXI веке распался на четыре ледника: 276а, 276б, 276в и 276г. Убыль площади за 1957–2021 гг. составила 0,19 км² (65,5 %) в основном за счет нижней его части.

На рис. 6 (в, г) показана динамика ледника № 278. Убыль площади ледника с 1957 по 1975 гг. составила – 0,06 км² (23,1 %; 0,0033 км² в год), а с 1975 по 2021 гг. – 0,126 км² (0,0027 км² в год). Общая убыль площади ледника за 1957–2021 гг. составила 0,186 км² (71,5 %). В последние годы темпы деградации ледника отдельно не определялись. Длина ледника за 1957–2021 гг. уменьшилась на 200 м.

ВЫВОДЫ

В результате обработки и анализа аэрофотоснимков и космоснимков с применением ГИС-

технологий проведена оценка темпов и масштабов деградации ледников в долинах рек Козидон и Земегондон. Самыми большими ледниками района в 1957 г. были ледники № 317 и 270 (имели одинаковую площадь 0,96 км²). Оба ледника в процессе деградации распались каждый на два самостоятельных ледника. Убыль площади их за 1957–2021 гг. составила 0,56 км² и 0,42 км² (59,6 % и 43,2 %) соответственно. В последние 11 лет темпы их деградации возросли в 5,6 и 2,32 раза.

Малые ледники у подножия горы Халаца сократились сильнее. Убыль площади ледников 275, 276 и 278 составила 65–71,5 %. Несмотря на значительные масштабы деградации ледников у подножия горы Халаца, именно в этом районе зафиксирован факт подвижки ледника № 275, который, предположительно, обусловлен особенностями литологии коренных пород, рельефа и лавинными процессами.

На динамику ледника № 269 наибольшее влияние оказал обвал скальных пород в 2008 г. Обвальные массы предохранили ледник от таяния и масштабы его деградации были минимальными (убыль площади 32 %) и в основном за счет участков, не подверженных обвалу.

Выявленные особенности эволюции и деградации ледников в основном не предполагают в будущем их аномальной динамики (сходы ледников и обвалы, пульсации) за исключением участка склонов горы Халаца, где такой факт зафиксирован в конце XX века.

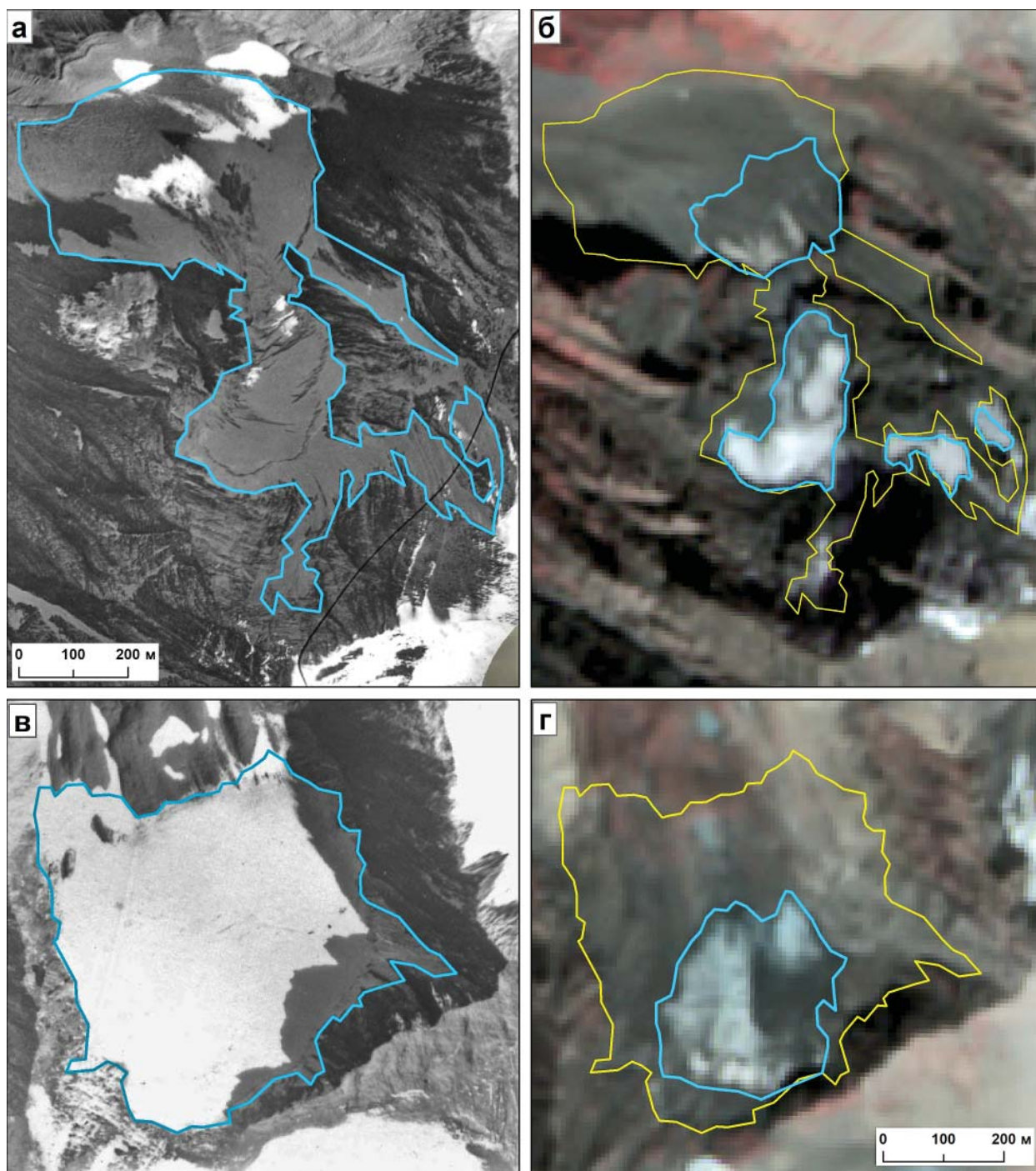


Рис. 6. Деградация ледников № 276 и 278 на склоне г. Халаца

Ледник № 276 (а – аэрофотоснимок 14.09.1957 г., б – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г.), ледник № 278 (в – аэрофотоснимок 14.09.1957 г., г – космоснимок Sentinel-2 27.08.2021 г.).

Голубые линии – границы ледников на дату аэрофотоснимка и космоснимка, желтые линии – границы ледников в 1957 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аджиев А.Х., Кесаонов В.Х., Кондратьева Н.В., Долова М.Л. Опасные явления – динамика ледников Козыдон и Земегондон на территории туристического комплекса «МАМИСОН» // Устойчивое развитие горных территорий. 2017. Т. 9, № 3. С. 240-246. DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-3-240-249
2. Беккиев, М.Ю., Докукин, М.Д., Калов, Р.Х., Ташилова, А.А. Современная деградация долинных ледников Центрального Кавказа // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 8. N 3. С. 113–141, doi: 10.21513/2410-8758-2021-3-113-141.
3. Докукин М.Д., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Обвальные процессы в высокогорной зоне Кавказа в XXI веке // Природа. 2015. № 7 (1199). С. 52–62.
4. Дробышев В.Н., Тебиева Д.И., Хубаев Х.М., Торчинов Х.М. Деградация оледенения Казбеко-Джимарайского горного узла и отдельных ледников в бассейнах рек Урух, Ардон, Фиагдон, Гизельдон и Геналдон (территория РСО-А) // Вестник Владикавказского научного центра. 2021. Т. 21. № 4. С. 70–79. DOI 10.46698/VNC.2021.45.89.001
5. Каталог ледников СССР: т. 8. Северный Кавказ; ч. 8, Бассейн р. Уруха; ч. 9. Бассейн р. Ардона. Л., Гидрометеоздат. 1976. 76 с.
6. Подозерский К.И. Ледники Кавказского хребта. Записки Кавказского отдела Императорского Русского географического общества. Тифлис. 1911. Кн. XXIX. Вып. 1. 200 с.
7. Тавасиев Р.А. Ледники и каменные глетчеры Козского ущелья // Вестник Владикавказского научного центра. 2008. Т. 8. № 4. С. 63–68.
8. Тавасиев Р.А. Ледники, каменные глетчеры и озера горы Халаца // Вестник Владикавказского научного центра. 2010. Т. 10. № 1. С. 34–42.
9. Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Глазовский А.Ф., Муравьев А.Я., Никитин С.А., Лаурентьев И.И. Новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016–2019 гг.) // Лёд и снег. 2021. Т. 61. № 3. С. 341–358. doi: 10.31857/S2076673421030093
10. Paul F., Rastner P., Azzoni R.S., Diolaiuti G., Fugazza D., Le Bris R., Nemeč J., Rabatel A., Ramusovic M., Schwaizer G., and Smiraglia C. Glacier shrinkage in the Alps continues unabated as revealed by a new glacier inventory from Sentinel-2 // Earth Syst. Sci. Data, 2020. Vol. 12. Issue 3. P. 1805–1821, <https://doi.org/10.5194/essd-12-1805-2020>

REFERENCES

1. Adzhiev A.H., Kesaonov V.H., Kondrat'eva N.V., Dolova M.L. Opasnye yavleniya – dinamika lednikov Kozydon i Zemegondon na territorii turisticheskogo kompleksa «MAMISON» // Ustojchivoe razvitie gornyh territorij. 2017. T. 9, № 3. S. 240–246. DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-3-240-249
2. Bekkiev M.Yu., Dokukin M.D., Kalov R.Kh., Tashilova A.A. Sovremennaya degradaciya dolinnyh lednikov Central'nogo Kavkaza // Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya. 2021. T. 8. N 3. S. 113–141, doi: 10.21513/2410-8758-2021-3-113-141.
3. Dokukin M.D., Savernyuk E.A., Chernomorets S.S. Obval'nye processy v vysokogornoj zone Kavkaza v XXI veke // Priroda. 2015. № 7 (1199). S. 52–62.
4. Drobyshev V.N., Tebieva D.I., Hubaev H.M., Torchinov H.M. Degradaciya oledneniya Kazbeko-Dzhimarajskogo gornogo uzla i otdel'nyh lednikov v bassejnah rek Uruh, Ardon, Fiagdon, Gizel'don i Genaldon (territoriya RSO-A) // Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra. 2021. T. 21. № 4. S. 70–79. DOI 10.46698/VNC.2021.45.89.001
5. Katalog lednikov SSSR: t. 8. Severnyj Kavkaz; ch. 8, Bassejn r. Uruha; ch. 9. Bassejn r. Ardon. L., Gidrometeoizdat. 1976. 76 s.
6. Podozerskij K.I. Ledniki Kavkazskogo hrebta. Zapiski Kavkazskogo otdela Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva. Tiflis. 1911. Kn. XXIX. Vyp. 1. 200 s.
7. Tavasiev R.A. Ledniki i kamennye gletchery Kozskogo ushchel'ya // Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra. 2008. T. 8. № 4. S. 63–68.
8. Tavasiev R.A. Ledniki, kamennye gletchery i ozera gory Halaca // Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra. 2010. T. 10. № 1. S. 34–42.
9. Hromova T.E., Nosenko G.A., Glazovskij A.F., Murav'ev A.YA., Nikitin S.A., Lavrent'ev I.I. Novyj Katalog lednikov Rossii po sputnikovym dannym (2016–2019 gg.) // Lyod i sneg. 2021. T. 61. № 3. S. 341–358. doi: 10.31857/S2076673421030093
10. Paul F., Rastner P., Azzoni R.S., Diolaiuti G., Fugazza D., Le Bris R., Nemeč J., Rabatel A., Ramusovic M., Schwaizer G., and Smiraglia C. Glacier shrinkage in the Alps continues unabated as revealed by a new glacier inventory from Sentinel-2 // Earth Syst. Sci. Data, 2020. Vol. 12. Issue 3. P. 1805–1821, <https://doi.org/10.5194/essd-12-1805-2020>

