

Снежники Лагонакского нагорья (Западный Кавказ)

© 2018 г. Ю.В. Ефремов, А.В. Зимницкий, Д.Ю. Шуляков, Д.А. Липилин

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
efremov_kubsu@mail.ru**Snow patches of the Lagonaky highlands (Western Caucasus)**

Yu. V. Efremov, A. V. Zimnitsky, D. Yu. Shulyakov, D. A. Lipilin

Kuban State University, Krasnodar, Russia
efremov_kubsu@mail.ru

Received August 1, 2017

Accepted November 28, 2017

Keywords: *avalanche snow patches, dynamics of snow patches, firn snow patches, nival niches, seasonal snow patches, snow cover, permanent snow patches.***Summary**

The article presents results of investigation of snowfields on the Lagonaky plateau: conditions of their formation, distribution and dynamics. Snow patches are the most characteristic elements of the high-mountain landscapes of the Lagonaky plateau. In warm seasons, they are widely distributed on local flat-topped ridges of the Lagonaky: Abadzeshsh Murzikao, Kamennoe and others, as well as on the mountain masses Fisht, Pshehasu, Oshten, and Nagoychuk. Morphological and climatic conditions of the Lagonaky Highlands are unique and favorable for formation of snow patches and long preservation of them during the spring-summer periods. These conditions are high mountain ridges with flat tops, negative karst forms of the relief as well as a favorable wind regime with long winter snow storms and heavy snowfalls. Snow patches result from snow transport and accumulation after strong snow-drifts on the leeward slopes. The avalanche snow patches arise when avalanches release from steep and long slopes of the above mountain ranges. Permanent snow patches are usually formed at the same places, and duration of their existence depends on sizes and a degree of shading. At the same time, even relatively small snow patches (100–200 thousand m³) can be preserved if they are located in narrow fissures (for example, the area of the Maly Fisht Glacier). In the last 3–5 years, the permanent snow patches melt completely, which is probably a result of small amount of solid precipitation during the cold season and the relatively high air temperatures in the warm time (standard deviation is 0.8–1.0 °C above the normal).

Citation: Efremov Yu.V., Zimnitsky A.V., Shulyakov D.Yu., Lipilin D.A. Snow patches of the Lagonaky highlands (Western Caucasus). *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2018. 58 (3): 359–372. [In Russian]. doi: 10.15356/2076-6734-2018-3-359-372.

Поступила 1 августа 2017 г.

Принята к печати 28 ноября 2017 г.

Ключевые слова: *динамика снежников, лавинные снежники, метелевые снежники, нивальные ниши, сезонные снежники, снежники-перелетки, снежный покров, фирновые снежники.*

Представлены новые данные о снежниках Лагонакского нагорья. Проанализировано их распределение в пределах нагорья с учётом особенностей рельефа и ветрового режима. Отмечено значительное сокращение числа снежников и их размеров за последние годы, что обусловлено общей климатической тенденцией потепления.

Введение

Весной, летом и в начале осени на Лагонакском нагорье самый распространённый элемент горного ландшафта – снежники. От их обилия склоны гор выглядят пёстрыми. Наряду с другими элементами ландшафта и современными экзогенными процессами, изучению снежников в последние десятилетия уделялось мало внимания. Впервые сведения о них приводятся в статье военного геодезиста И.И. Стебницкого «О высоте линии вечных снегов на Кавказских горах»

(1873 г.), где упоминаются названия гор Фишт и Оштен и отмечаются «следы вечного снега». Автор пишет: «В 1888 г. я посетил Оштен в конце июня. В это время то высокое основание, на котором поднимается крутая скалистая часть Оштена, было покрыто во многих местах огромными массами снега. Все углубления и балки завалены им в уровень с краями» [1, с. 153]. Некоторые сведения о снежниках Западного Кавказа, в том числе и Лагонакского нагорья, встречаются в работе А.И. Бабкиной [2]. Систематическое исследование снежного покрова, в том числе и снежников,

началось в 1970–80-е годы Северо-Кавказским управлением по гидрометеорологии и Кубанским государственным университетом. В течение десяти лет (1987–1998 гг.) на Лагонакском нагорье изучали снежники разного генезиса. Результаты исследований отражены в работах [3–6].

Снежники как индикаторы изменения климатических условий привлекают внимание и российских [7], и зарубежных учёных [8, 9]. В 2013 и 2015 г. были реализованы программы по исследованию ледников и снежников Западного Кавказа, а также современных экзогенных процессов на Лагонакском нагорье, поддержанные Кавказским государственным природным биосферным заповедником [10]. Активизировавшееся в последние несколько лет рекреационное освоение Лагонакского нагорья вызвало необходимость детального изучения всех элементов горных ландшафтов, в том числе и снежников. Нагорье представляет собой сочетание горных хребтов, высокогорных массивов и отдельных небольших плато, обособленных крутыми скальными стенами на западе, востоке (хребет Каменное море) и юге (южные стены Фишта и Пшеха-Су). Поверхность Лагонакского нагорья полого наклонена на север и находится на стыке природных границ (геологических, геоморфологических, климатических и др.). Горные массивы Фишт (2848 м; все высоты в статье даны в метрах над ур. моря) – Пшеха-Су (2743 м) – Оштен (2804 м) венчают на юге нагорье и возвышаются почти на 1000 м над близлежащими западными вершинами Северо-Западного Кавказа. Лагонакское нагорье сложено преимущественно верхнеюрскими известняками, которые способствовали повсеместному развитию карста [11] (рис. 1). Оно находится на Западном Кавказе в пределах Краснодарского края и Республики Адыгея.

Цель настоящей работы – исследование снежников Лагонакского нагорья, условий их формирования, распространения и динамики.

Методы исследований

Для детального изучения снежников мы выделили объекты площадью более 0,1 км², так как именно такие снежники сильнее всего воздействуют на подстилающую поверхность. Круп-

ные снежники сохраняются дольше и более репрезентативны для мониторинга. В процессе камеральных и полевых работ использованы современные методы обработки данных дистанционного зондирования, включая работу с гиперспектральными снимками и создание мультитимементных композитных снимков.

Методика обработки и интерпретации данных базируется на анализе в геоинформационном программном обеспечении (ArcGIS, SAS Planet, ENVI) крупномасштабных топографических карт, материалов полевых съёмок и результатов геопозиционирования, а также результатов дешифрирования архивных и оперативных космических снимков. Космические снимки получены из публичных геосервисов BING, GOOGLE EARTH, «КОСМОСНИМКИ.РУ», GLOVIS (USGS). Работа проводилась с помощью программного обеспечения для данных операций. Ортотрансформирование выполнено по цифровой модели рельефа (ЦМР) масштаба 1:25 000, полученной путём полуавтоматической векторизации изолиний с последующим построением TIN-модели с использованием программного обеспечения ArcGIS, которое позволило параллельно анализировать космические снимки высокого пространственного разрешения (0,6–2,0 м) за период 2000–2015 гг.

Для построения схем снежников исследуемого района использовались многозональные снимки высокого (0,8–2,5 м) и среднего разрешения (10–30 м). Исследование выполнялось на двух уровнях: локальном (масштаб 1:1000–1:10 000) и региональном (генерализация и обобщение данных в масштабах 1:25 000–1:100 000). Границы снежников дешифрировались по космическим многоспектральным снимкам QuickBird, Worldview-2 (за период 2007–2015 гг.; разрешение 0,5–1,8 м/пикс.) и сравнивались с данными топографической съёмки 2013–2015 гг. (на массивах Фишт и Пшеха-Су). Кроме того, проводилось сравнение с данными топографических карт масштаба 1:25 000 (1941 г.). Точность дешифрирования определяется графической точностью построений на топографических картах и составляет 2,5 м. Точность автоматизированного ортотрансформирования снимков и результатов построения мультитимементного композита не превышает средних нормативных значений, принятых в используемом программном обеспечении для данных операций.

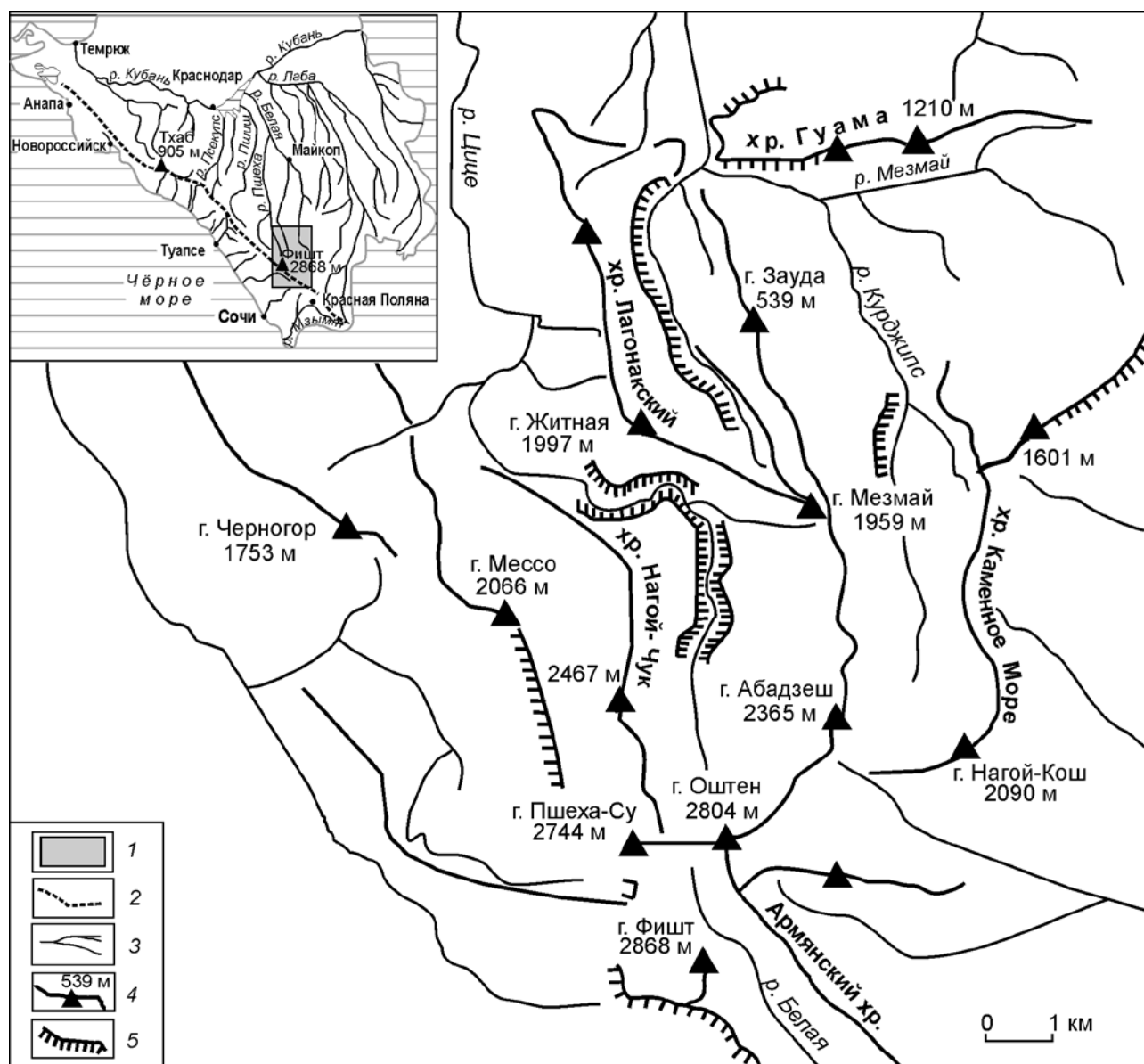


Рис. 1. Географическое положение и основные хребты Лагонакского нагорья:

1 – положение Лагонакского нагорья; 2 – линия главного водораздела Северо-Западного Кавказа; 3 – реки; 4 – хребты и вершины; 5 – эскарпы (крутые скальные склоны хребтов)

Fig. 1. Geographic position and the main ridges of the Lagonak Highlands:

1 – geographical position of the Lagonak Highlands; 2 – line of the main watershed of the North-Western Caucasus; 3 – rivers; 4 – ridges and peaks; 5 – escarpas (steep rocky slopes of ridges)

Обработка результатов полевых измерений и построение топографических планов с определением современных морфометрических характеристик исследуемых снежников проводились с использованием геоинформационного программного обеспечения ArcGIS (ESRI CIS), автоматизированное дешифрирование и построение мультитременных композитов выполнено в ENVI. Для репрезентативных снежников

в ходе полевых работ 2015–2016 гг. с помощью GPS-приёмника выбраны долговременные реперные точки (базисы), от которых проводятся ежегодные измерения планово-высотного положения исследуемых объектов нивально-гляциальной зоны. В качестве реперов выбраны наиболее стабильные и устойчивые валуны на краях морен, а в местах отсутствия моренных отложений для маркирования базиса из камней были

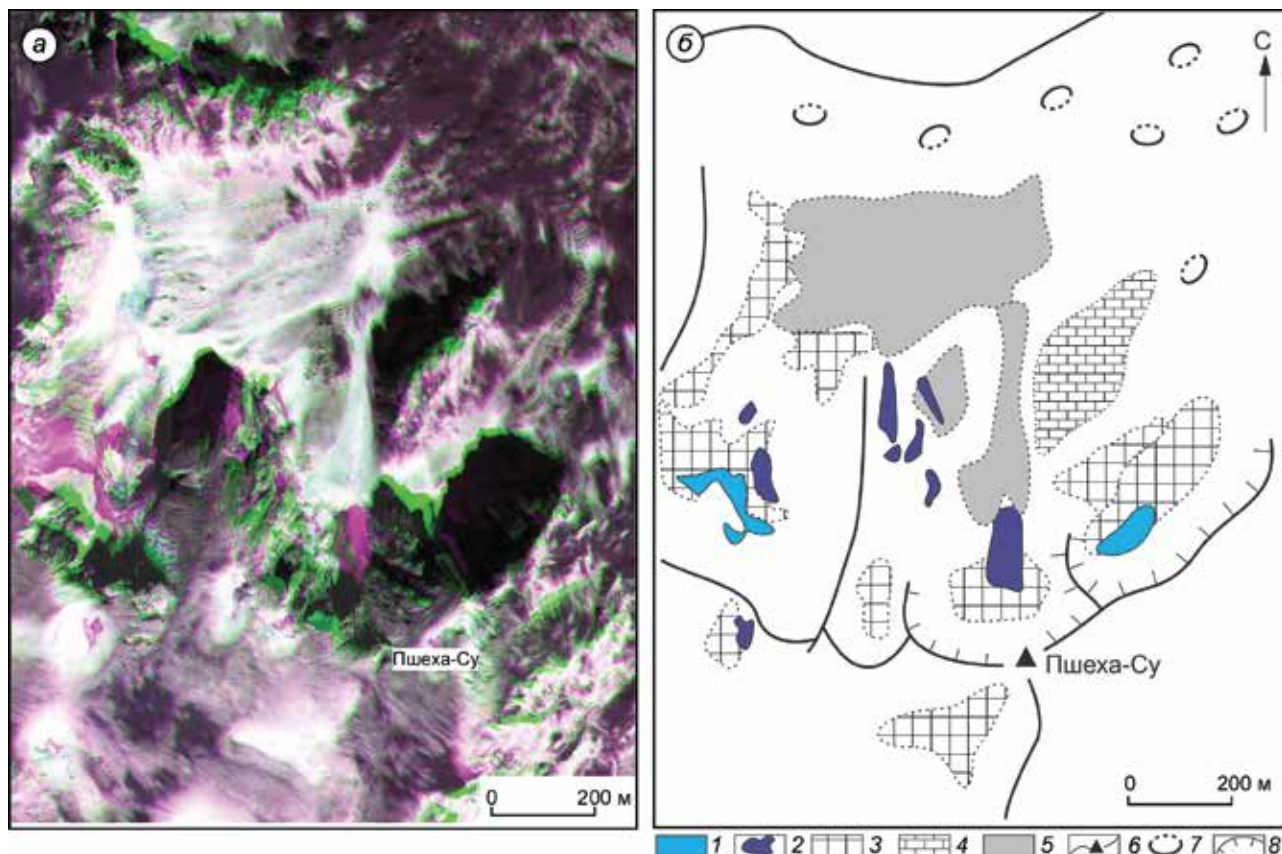


Рис. 2. Мультивременной композит (а) и схема дешифрирования (б) участка с исследуемыми снежниками на горном массиве Пшеха-Су:

1 – ледник; 2 – новые контуры снежников на 29.08.2014; 3 – контуры снежников на 08.29.2013; 4 – скальный останец; 5 – зандровые и флювиогляциальные отложения; 6 – основные хребты, вершины; 7 – участки развития карста; 8 – крупные карстовые воронки

Fig. 2. The multivariate composite (а) and interpretation scheme (б) of the site with the snow-patches at the Psheha Su mountain massive:

1 – glacier; 2 – new contours of snow-patches at August 29, 2014; 3 – contours of snow-patches at 08.29.2013; 4 – stack; 5 – outwash and fluvio-glacial sediments; 6 – the main ridges, peaks; 7 – karst development sites; 8 – large karst funnels

выложены туры, на которые краской наносились буквенно-числовые обозначения.

Для качественного анализа динамики снежников с использованием мультивременных композитов предъявляются высокие требования к качеству снимков. Так, для возможности выполнения измерений и получения результата с 90–100%-й достоверностью совмещения контуров необходимо, чтобы совпадали параметры совмещаемых снимков по облачности и углу отклонения от надира. При обработке пары снимков создаётся новый слой, содержащий спектральные каналы обоих снимков. При выборе каналов для синтеза придерживаются следующего правила: каналы позднего (нового) снимка занимают первую (Red) и третью (Blue) компоненты;

канал раннего (старого) снимка занимает вторую (Green) компоненту [12]. Искажающее влияние облачности можно минимизировать, создав вручную «маску облаков», которая будет автоматически исключена из обработки при формировании синтезированного изображения (рис. 2).

Результаты исследований

Общие сведения о снежниках. На Лагонакском нагорье в высотном диапазоне более 1500 м в весенне-летнее время повсеместно распространены лавинные и метелевые снежники. Большинство из них относится к сезонным образованиям, к осени снежники полностью исчезают.

Некоторые исследователи делят снежники одного года на весенние, летние и осенние. Все снежники, существующие в течение одного года и меньше, называются сезонными [13]. В.Ф. Перов выделяет среди основных типов снежников подтипы, которые широко распространены на Лагонакском нагорье [14]. Сезонные снежники – самый распространённый и наиболее низко спускающийся вид снежников на Западном Кавказе. Особенно много их в диапазоне 1500–2000 м, и начинают они встречаться, как правило, с высоты 1000 м, а иногда и ниже. Их число измеряется от нескольких десятков до сотен в одном речном бассейне и зависит в основном от величины твёрдых осадков и рельефа местности. В этом районе почти все углубления (карстовые воронки, эрозионные врезы и т.д.) заполнены метелевым снегом и число снежников на 1 км² достигает 60–70.

Известно, что продолжительность существования снежников определяется тремя главными факторами: суммой положительных температур воздуха; степенью защищённости снежника от прямого воздействия солнечных лучей; массой снега, образующего снежник [15]. Сохранность снежников в тёплый период зависит от толщины снежного покрова, сформировавшегося в зимний период. Основные закономерности образования снежного покрова на Лагонакском нагорье описаны в работах [16, 17]. В отдельные годы отмечена изменчивость толщины снежного покрова от нескольких сантиметров до 5–6 м. Продолжительность залегания в зависимости от высотного пояса и погодных условий колеблется от 70–80 до 215 дней. На Лагонакском нагорье формирование снежников во многом определяется ветровым режимом горной территории, который обусловлен общей направленностью хребтов, расположением долин, высотой хребтов и их формой. Наибольшие скорости ветра наблюдаются в декабре–марте (до 40 м/с), наименьшие – в июле (1–2 м/с).

В зимнее время, когда температура воздуха ниже 0 °С, при сильном ветре наблюдаются метели из свежевывающего снега. Максимальные скорости ветра на рассматриваемой территории достигают 25–35 м/с, а при порывах – до 40 м/с и более [16]. На хребтах Лагонакском и Нагой-Чук снег в значительной степени переносится на северные склоны, где его в 5–6 раз больше (до

10 м), чем на южных, что способствует образованию метелевых снежников. Именно здесь создаётся зона повышенного снегонакопления, которая представляет собой потенциальную зону образования лавин. С повторяемостью метелей тесно связана их продолжительность. На участках, где их повторяемость в январе–феврале составляет 5–10 дней, следует ожидать 40–90 часов с метелью, а там, где повторяемость равна 10–20 дням, продолжительность увеличивается до 200 часов. В отдельно взятые дни продолжительность метели колеблется от 5 до 10 часов, а в отдельных случаях может быть и больше [16].

Количество снесённого снега с выровненных поверхностей плато (например, плато Мурзикао) зависит как от продолжительности метели, так и от площади платообразных поверхностей. По приблизительным подсчётам, в среднем с плато Мурзикао сносится больше половины снега. Снег откладывается с подветренной стороны на бровках крутых склонов хребтов, в понижениях (эрозионных врезках, денудационных воронках) и в речных долинах (на конусах выноса), где мощность снега достигает 10–15 м. С метелевым переносом тесно связаны ветровые формы рельефа – снежные карнизы, возникающие в пригребневой части хребтов Мурзикао, Лагонакском и Нагой-Чук. Довольно часто при обрушении они служат причиной возникновения лавин разной мощности. Так, в зимний сезон 1979 г. в районе Малого Мурзикао на северном склоне Лагонакского хребта при обрушении карниза погиб студент Кубанского государственного университета.

По данным топографической съёмки и GPS-измерений размеры снежников колеблются от десятков до нескольких тысяч квадратных метров. Например, на склонах горного массива Фишт–Оштен и на северных склонах хребта Мурзикао толщина снега изменяется от нескольких до десятков метров. В генетическом отношении снежники делятся на лавинные и метелевые (навеянные), которые распространены на всей территории Лагонакского нагорья. Лавинные снежники сосредоточены в основном на горных массивах Фишт–Пшеха-Су–Оштен и Нагой-Чук.

Снежники играют большую роль в питании рек. Значительные скопления снега в снежниках увеличивают период таяния снега. Это приводит к тому, что наличие снежников снижает

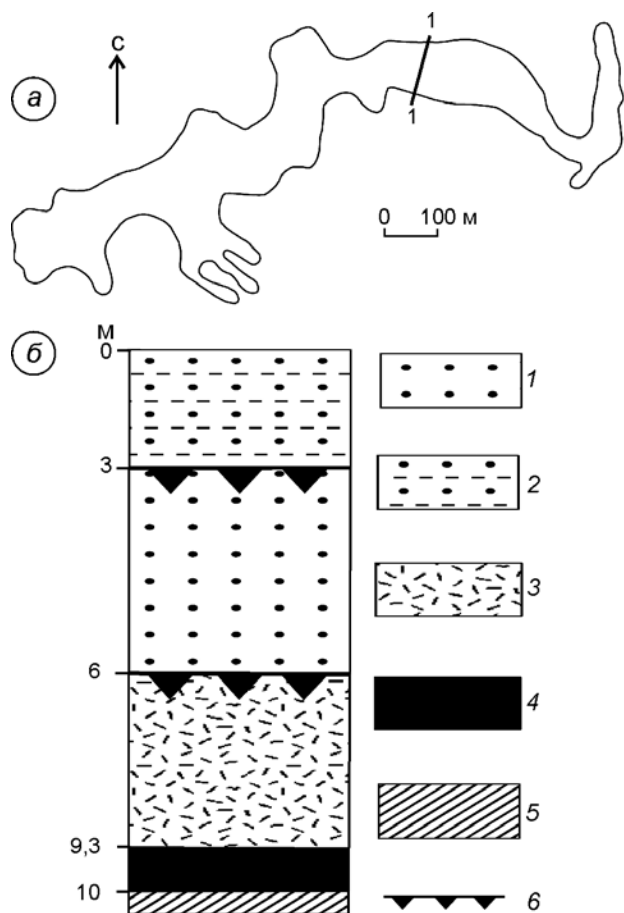


Рис. 3. Стратиграфия снежной толщи снежника «Летучая Мышь» на 26.06.1989 г.:

a – схема снежника; *б* – разрез снежной толщи по линии 1–1; 1 – снег; 2 – снежная толща, пропитанная водой; 3 – фирн; 4 – горизонт льда; 5 – поверхность ложа; 6 – загрязнённая ледяная корка

Fig. 3. Snow stratigraphy of the snow-patch «Bat» at 26.06.1989:

a – scheme of the snow-patch; *б* – section of the snow cover along the line 1–1; 1 – snow; 2 – snow stratum soaked in water; 3 – firn; 4 – ice horizon; 5 – surface of the bed; 6 – the contaminated ice crust

пик весеннего половодья, увеличиваются также продолжительность и величина половодья. Возрастает и общий годовой сток рек, который за счёт переотложения снега в результате метелевого и гравитационного переноса в средние по водности годы составляет 1,5–3,0%, а в многоснежные годы достигает 4–6% [17]. По имеющимся данным, для отдельных рек северного склона Западного Кавказа, в том числе и Лагонакского нагорья, доля снежников в стоке в средние по снежности годы составляет 10–15% общего стока рек, увеличиваясь в многоснежные

годы. В годы с аномально высокой снежностью их доля в стоке рек возрастает примерно в 2 раза. Таким образом, образовавшиеся в холодный период снежники в весенний период уменьшают сток рек на 10–20%, перераспределяя его на летние месяцы [17, 18].

Среди снежников встречается особый тип – *снежники-перелетки*, т.е. мощные скопления снега у подножия крутых склонов хребтов и на дне каров, которые не только сохраняются до конца лета, но и продолжают существовать в следующем году. Их сохранению способствуют благоприятные морфологические условия, т.е. расположение в большей мере на северных подветренных склонах и в местах наибольшего скопления метелевого и лавинного снега. Снежники состоят в основном из снега и фирна, изредка у них встречается небольшое ледяное ядро. До настоящего времени считается, что снежники, главным образом, неподвижное скопление снега, но ещё в работах С.Г. Боча [15] отмечено, что отдельные снежники движутся со скоростью до 10 см/сутки и более, а за год – до 6 м, особенно при углах склона 30–40°. Такие снежники, как правило, многослойные. Верхний слой – это снег прошедшей зимы, а ниже идут плотные и крупнозернистые слои снега, переходящие в фирн. Исследования показали, что такие снежные образования – переходные формы между снежниками и ледниками. По мере увеличения времени существования снежника-перелетка постепенно накапливается снежно-фирновая толща, всё больше фирна преобразуется в лёд, и у снежников-перелетков формируются слои инфильтрационного льда или ледяные включения. Снежник превращается в фирновый ледник, состоящий более чем на 50% из фирна и льда (рис. 3) [18].

Н.И. Осокин считает, что выделение промежуточной переходной формы малого оледенения нецелесообразно [13], однако авторы настоящей статьи полагают, что это необходимо. К ним относятся снежники-перелетки, у некоторых из них в средней части снежника существуют слои инфильтрационного льда и линзы льда, как правило, лежащие в отрицательных микроформах рельефа (карстовых воронках, рвах, эрозионных врезах) и имеющие некоторые свойства и снежников, и ледников, т.е. фирновых ледников [18]. Последние состоят в основ-

ном из фирна и частично (менее 50%) из льда и снега. Фирновый ледник сложен слоистым снегом и фирном. В нём возможно скользящее движение по слоям фирна. Возникающие при этом напряжения ведут к появлению на поверхности снега поперечных серповидных трещин глубиной 1–4 м, шириной 1–3 м и длиной 40–50 м. На поверхности снега отмечается характерная ячеистая форма вытаивания размером 50–80 см, связанная с движением струй тёплого воздуха [18]. Малые ледники развиваются из фирновых ледников, кроме тех, которые отчлениются от более крупных. Фирновые ледники при соответствующих изменениях климатических условий могут легко переходить или в малые ледники, или исчезать. Существование этой формы ледников – неустойчивое, они чётко реагируют на все изменения климата и стремятся перейти в более устойчивую форму – ледника или снежника.

Снежники-перелетки расположены в высотной зоне 1800–2500 м и выше. Высоты расположения снежников зависят от многих факторов и один из них – экспозиция склонов. Снежники северных экспозиций располагаются на 260–500 м ниже снежников южных экспозиций, что связано в основном с различием в приходе солнечной радиации и преобладающим направлением ветров в районе плато Лагонаки. Они образуются у северного склона плато в верховьях рек Курджипс и Цице. Крупные снежники, в большей мере перелетки, фиксируют положение орографической снеговой линии в данном регионе [19].

Распределение снежников. В настоящее время наибольшая концентрация крупных снежников сосредоточена в горных массивах Фишт–Пшеха-Су–Оштен, Нагой-Чук, Гужерипль и хребтах Мурзикао, Лагонакском, Армянский, Каменное море, Курджипс (рис. 4). Подавляющее большинство снежников Лагонакского нагорья имеет площадь в диапазоне 0,01–0,1 км². Их морфометрические характеристики обусловлены в первую очередь степенью эрозионного расчленения конкретного участка местности и соответствующим диапазоном размеров мезо- и микроформ рельефа, которые заполняются снегом под влиянием лавинной деятельности или метелевого переноса. На основе геоморфологического районирования, выполненном С.П. Лозовым [11], в пределах границ геоморфологических участков выделены определённые зоны

Таблица 1. Распределение снежников Лагонакского нагорья по геоморфологическим единицам (на август 2014 г.)

Массив	Число снежников	Общая площадь, км ²
Оштен	13	1,4831
Пшеха-Су	16	1,3962
Фишт	23	2,2591
Нагой-Чук	29	1,6278
Абдзеш–Мурзикао	34	1,6031
<i>Итого</i>	<i>115</i>	<i>8,3693</i>

(участки) распространения снежников сходного генезиса, группируемых по территориальному принципу и приуроченности к общей геоморфологической единице. Рассмотрим распределение снежников на наиболее крупных орографических элементах с учётом выделенных районов (см. рис. 4, табл. 1).

Горный массив Фишт–Оштен – особый геоморфологический ансамбль Лагонакского нагорья, выраженный в рельефе тремя скальными вершинами – Фишт (2808 м), Пшеха-Су (2743 м) и Оштен (2804 м), поднимающимися над южной окраиной нагорья. Гора Фишт – особый морфологический тип альпийских горных вершин, имеющий хорошо выраженную вершину, от которой на северо-запад простирается узкий скалистый гребень, обрывающийся на восток отвесной стеной на 700–800 м. Вершины Пшеха-Су и Оштен – это плосковерхие морфологические образования с отвесными склонами. Их северные склоны – типичные альпийские цирки, занятые малыми ледниками, снежниками и озёрами [20]. По узким эрозионным врезам и расселинам зимой сходят многочисленные снежные лавины, формируя лавинные снежники. Вершины Пшеха-Су и Оштен разделяет чётко выраженное понижение – Фишт-Оштеновский перевал (высота 2200 м), где в локальных понижениях и крупных карстовых воронках многие снежники сохраняются до конца осени.

Снежники в пределах этого горного массива располагаются на высотах 1600–2500 м и сохраняются наиболее долго в карах благоприятной экспозиции – восточной, северо-восточной и северной. В границах данного участка мы выделили 52 снежника общей площадью более 5,1 км². Генезис снежников – преимущественно лавинный, но встречаются и навейные снежники, которые располагаются выше, а лавинные –

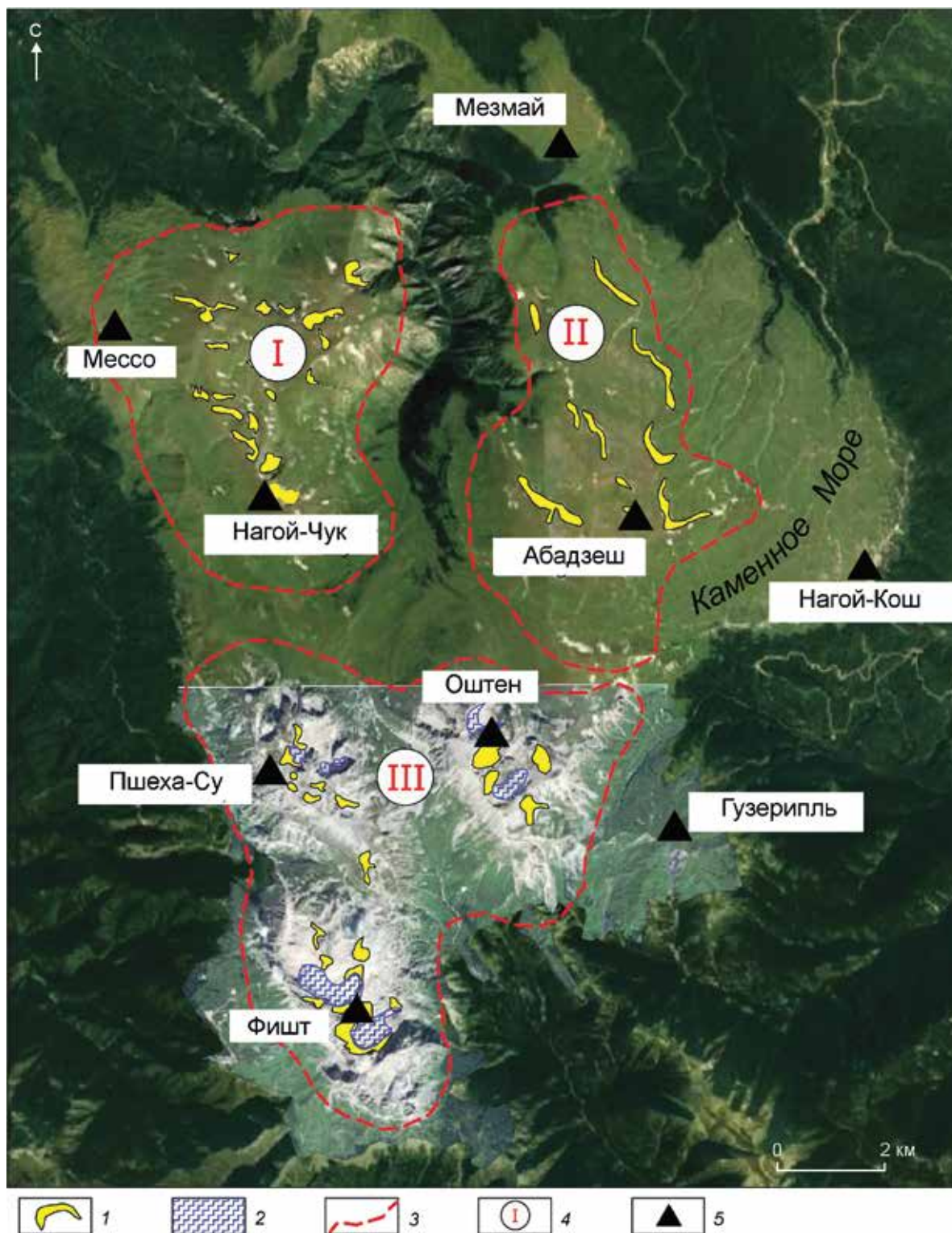


Рис. 4. Общая схема распространения снежников на Лагонакском нагорье:

1 – снежники; 2 – ледники; 3 – условные границы районов распространения снежников; 4 – условный номер района (I – горный массив Нагой-Чук; II – хребет Абадзеш–Мурзикао; III – горный массив Фишт – Оштен – Пшеха-Су); 5 – основные вершины

Fig. 4. General scheme of the snow-patches distribution on the Lagonaki Highlands:

1 – snow-patches; 2 – glaciers; 3 – schematic boundaries of areas with snow-patches; 4 – number of the region (I – Nagoy-Chuk mountain massif; II – Abadzes–Murzikao ridge; III – Fisht – Oshten – Psheha-Su mountain range); 5 – main tops

Таблица 2. Малые ледники и снежники горного массива Фишт–Пшеха–Су–Оштен

Малые ледники, снежники	Высота нижней кромки снежника, м	Экспозиция	Площадь, тыс. км ²	Координаты, с.ш./в.д.
<i>Фишт</i>				
Малый ледник № 1	2750	С	14,9	$43^{\circ}57'16.52''$ $39^{\circ}53'52.05''$
Малый ледник № 2	2000	СВ	36,3	$43^{\circ}57'01.71''$ $39^{\circ}54'41.28''$
Пшеха-Су, снежник № 1	2200	СВ	82,9	$43^{\circ}59'14.67''$ $39^{\circ}54'07.55''$
<i>Оштен</i>				
Снежник № 2	2570	СВ	120,3	$43^{\circ}59'42.33''$ $39^{\circ}56'02.81''$
Снежник № 3	2480	С	67,5	$43^{\circ}59'40.88''$ $39^{\circ}56'41.59''$
Снежник № 4	2500	СВ	134,9	$43^{\circ}59'26.38''$

ниже среднего уровня. Размеры их по площади могут быть от нескольких сотен квадратных метров до 0,06 км². Сведения о наиболее значительных снежниках приведены в табл. 2.

Горный массив (хребет) Нагой-Чук расположен севернее Фишт–Оштена, в междуречье рек Пшеха и Цице. Нагой-Чук находится ниже массива Фишт, но превосходит его по площади. С востока он отделён глубоким узким ущельем р. Цице от массива Абадзеш–Мурзикао. Крутые склоны массива рассечены узкими эрозионными врезами, по которым зимой сходят многочисленные лавины. Границы Нагой-Чука чётко выражены в рельефе. Этот массив крутыми уступами спускается в долины рек Пшеха и Цице. Длина хребта – около 7 км, ширина – 3,5 км, максимальная высота – 2471 м [11].

Формы рельефа в этом горном массиве – карстовые и гляциально-карстовые, состоящие из серии карстовых воронок, рвов, заполненных снегом. В рельефе чётко выражены два кара северо-восточной экспозиции, в которых находятся два малых ледника и снежники. Концы ледников оконтурены свежими конечными моренами. На дне каров лежат крупные лавинные снежники. В центре массива находится обширное карстовое плато, осложнённое многочисленными карстовыми воронками, каррами и рвами, заполненными большую часть летнего сезона навесными снежниками, число которых здесь больше снежников лавинного генезиса. Большинство снежников нагорья, расположенных в высотном диапазоне 2000–2500 м, прекрасно сохраняются весь летний период, од-

нако к концу августа из-за высоких температур и минимальных сумм осадков примерно 90% их числа полностью стаивает.

Хребет Абадзеш–Мурзикао расположен на высотах свыше 2000 м в центральной части Лагонакского нагорья, в междуречье Цице и верховьев Курджипса, и простирается на 16 км с северо-запада на юго-восток. Хребет, ограниченный крутыми уступами высотой от 50 до 200 м, имеет наклон на север от г. Абадзеш (2369 м) до 1659 м в балке Глубокой (правый приток р. Цице). Хр. Мурзикао имеет платообразную поверхность шириной до 1 км (плато Мурзикао), осложнённую карстовыми воронками и овальными поднятиями, среди которых вызывает интерес гора Уриель (2136 м), находящаяся в северо-западной части хребта. В восточный склон плато Мурзикао врезаны гляциально-нивальные кары, в которых в настоящее время лежат навесные перелетывающие снежники, названные нами «Благодатный», «Срединный» и «Летучая Мышь». Длина наибольшего из них – «Благодатного» – обычно составляет около 2 км, а снежника «Летучая Мышь» – 1,4 км. Их ширина достигает 0,25 км, площадь – 0,5 км² при толщине 30–50 м. Массив Абадзеш–Мурзикао характеризуется преобладанием меридионально вытянутых снежников, которые расположены преимущественно на склонах западной и восточной экспозиций и приурочены к сериям карстовых воронок, образующих в центральной части массива вытянутые цепочки общего меридионального направления. Навесные снежники встречаются и на поверхности горы Абадзеш



Рис. 5. Снежники-перелетки массива Абадзеш–Мурзикао:
 1 – «Летучая Мышь»; 2 – «Благодатный»; 3 – «Срединный» (Google Earth, снимок Digital Globe, август 2013 г.)
Fig. 5. Perennial snow-patches on the Abadzesh-Murzikao massif:
 1 – «Bat»; 2 – «Blagodatny»; 3 – Median (Google Earth, a snapshot of Digital Globe, August 2013)

хр. Мурзикао в карстовых понижениях и эрозионных ложбинах (см. рис. 1) [21].

По данным И.А. Глушковой [4], навейные снежники получили наибольшее распространение в районе хр. Мурзикао. У нижнего края снежников «Благодатный» и «Летучая Мышь» находится серия карстовых воронок, отличающихся, по сравнению с воронками прилегающей территории левого борта долины р. Курджипс, большими размерами: диаметром до 150 м и глубиной 5–10 м [5] (рис. 5).

Динамика снежников. Динамика и эволюция снежников в условиях современных изменений климата изучена недостаточно. Современное существование снежников во многом определяется климатическими особенностями горной территории, т.е. общим количеством твёрдых осадков в холодное время года, положительными температурами в весенне-летний период и ветровым режимом горной территории. В данной работе динамика снежников может быть охарактеризована только в общих чертах, поскольку в пределах рассматриваемого района отсутствуют метеостанции, а действующие находятся за пределами Лагонакского нагорья на более низких высотных уровнях.

Имеющиеся фрагментарные сведения о наличии и размерах снежников-перелетков в какой-

то мере могут отразить некоторые особенности изменения климата высокогорной территории. Для этого проведён сравнительный анализ количественных характеристик снежников и их сохранности в тёплый период года с использованием имеющейся космической информации за последние пять лет и системы реперов, заложенных вблизи границы снежников. Исходя из имеющейся информации, размеры снежников-перелетков меняются в значительной мере из года в год, а некоторые из них исчезают полностью (рис. 6, 7). Указанные снежники уже многие годы относятся к снежникам-перелеткам и существуют несколько лет подряд, изменяясь значительно год от года. Правда, в некоторые годы они исчезают полностью. Так, снежник-перелеток «Летучая Мышь» по наблюдениям с 1989 по 2016 г. полностью ставал четыре раза – в 1991, 1994, 2015, 2016 г. Это связано с небольшим количеством осадков в холодные периоды 1990/91 и 1993/94 гг. (50–60% нормы) и температурой воздуха последующего тёплого периода (апрель–июнь) на 0,8–1,2 °C выше нормы [20] (табл. 3). Такая же ситуация сложилась летом 2015 и 2016 гг., когда после продолжительной жаркой погоды все снежники горного массива Абадзеш–Мурзикао полностью растаяли.

По итогам полевого обследования Лагонакского нагорья 17–27 августа 2017 г. и с учётом

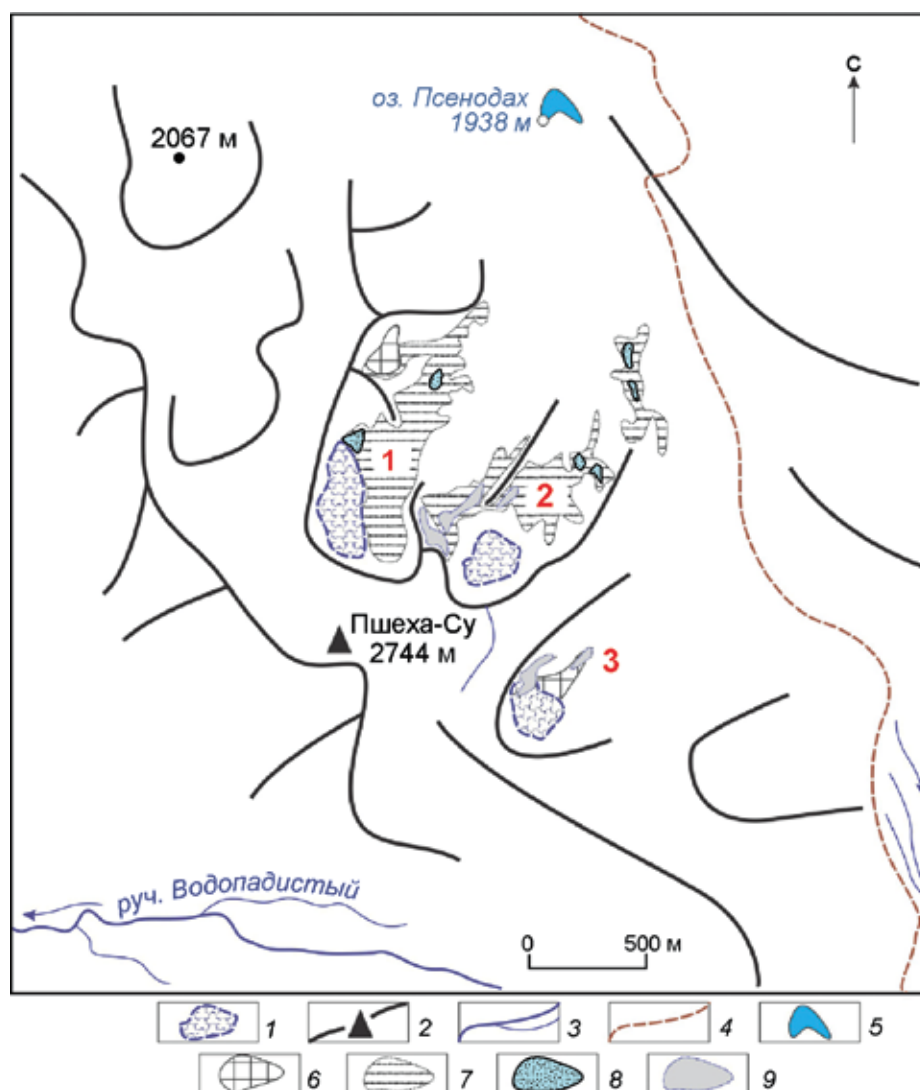


Рис. 6. Основные снежники горы Пшеха-Су:

1 – ледники; 2 – основные хребты, вершины; 3 – реки, ручьи; 4 – туристские тропы; 5 – озеро; границы снежников: 6 – на 13.07.2009 г.; 7 – на 26.07.2012 г.; 8 – на 29.08.2013 г.; 9 – на 28.08.2014 г.

Fig. 6. The main snow-patches at the Mount Pshecha-Su:

1 – glaciers; 2 – main ridges, tops; 3 – rivers; 4 – climbing routes; 5 – lake; borders of snowfields: 6 – as of July 13, 2009; 7 – as of July 26, 2012; 8 – as of August 29, 2013; 9 – as of August 28, 2014

предварительных итогов камеральной обработки материалов и дешифрирования космической съёмки (дата съёмки 31.07.2017, снимок из онлайн-сервиса CNES/Airbus, RGB) установлено, что нижняя граница распространения снежников на Лагонакском нагорье в сезоне 2017 г. проходит на отметке 1750 м. Это – на 150–200 м ниже по сравнению с 2013–2016 гг., когда по совокупности измерений среднее значение нижней границы распространения снежников колебалось в диапазоне 1850–1950 м. Более низкие температуры летнего периода и запаздывание на

2–3 недели прихода лета на Лагонакское нагорье обусловили благоприятные условия для накопления снега в нивальных нишах, карах и на ледниках Фишта и Пшеха-Су. Площадь снежников, обследованных 17–27 августа 2017 г., примерно на 30% превышает аналогичную величину 2016 г.

Размеры фирновых ледников и снежников-перелетков на горе Оштен за последние 25 лет практически не изменились, что объясняется устойчивым метелевым переносом и огромным количеством снега. Тёплое лето уничтожает в основном сезонные и некоторые снежники-пере-

Таблица 3. Изменение размеров снежника-перелетка «Летучая Мышь»

Год	На первую декаду июня			На первую декаду сентября	
	площадь, км ²	длина, м	ширина, м	площадь, км ²	пояснения
1989	0,223	1500	230	0,033	Распался на пять частей
1990	0,222	1200	230	0,32	Распался на пять частей
1991	0,144	1100	120	0,0	Растаял
1992	0,248	1600	280	0,041	Распался на две части
1993	0,230	1400	250	0,20	Распался на три части
1994	0,190	1200	200	0,0	Растаял
1995	0,288	1400	240	0,333	Распался на четыре части
1996	0,231	1500	250	0,042	Распался на пять частей
1997	0,234	1500	255	0,043	Распался на пять частей
1998	0,247	1600	275	0,042	Распался на три части
1999	0,225	1550	240	0,035	Распался на три части
2000	0,220	1450	220	0,028	Распался на четыре части
2013	0,150	1450	200	0,30	Распался на три части
2015	0,195	1450	230	0,001	Практически растаял
2016	0,230	1350	225	0,002	Практически растаял

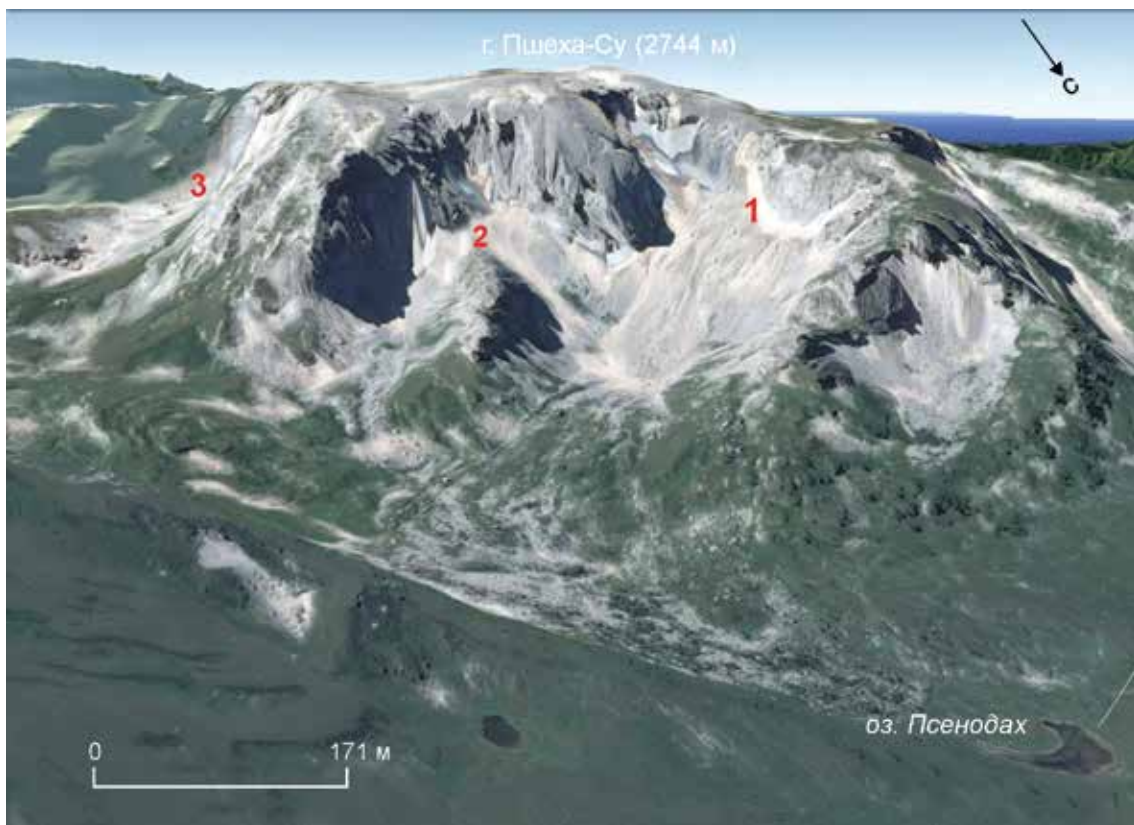


Рис. 7. Снежники-перелетки на северном склоне горы Пшеха-Су (Google Earth, снимок Digital Globe 28.08.2014).

Цирки со снежниками обозначены цифрами 1–3

Fig. 7. Perennial snow-patches on the northern slope of the Mount Pshecha-Su (Google Earth, image by Digital Globe at 28.08.2014).

Kars with snow-patches are indicated by numbers 1–3

летки, а крупные снежники остаются. По оценкам авторов, на современном этапе перерастание снежников в малые ледники не происходит.

Выводы

Снежники — один из самых характерных элементов высокогорных ландшафтов Лагонакского нагорья. Они широко распространены (летний и осенний сезоны) на плосковершинных хребтах: Лагонакском, Абадзеш–Мурзикао, Каменное море, а также на горных массивах Фишт, Пшеха-Су, Оштен, Нагойчук. Выполнено районирование снежников по генетическим признакам; выделено три района распространения снежников с различным генезисом. На Лагонакском нагорье существуют уникальные морфологические и климатические условия для формирования снежников и продолжительного их сохранения в весенне-летний период. Это — наличие высокогорных хребтов с выположенными поверхностями и отрицательными карстовыми формами рельефа, а также благоприятный ветровой режим с продолжительными зимними метелями и интенсивными снегопадами. Снежники образуются в результате метелевого переноса и аккумуляции снега на подветренных склонах. Лавинные снежники возникают при

сходе лавин с крутых склонов горных массивов Фишт, Оштен, Пшеха-Су и Нагой Чук.

Особая категория снежниковых систем Лагонакского нагорья — снежники-перелетки, которые образуются в одних и тех же местах. Продолжительность их существования определяется размерами и степенью затенения. При этом снежники даже сравнительно небольшого объёма (100–200 тыс. м³) могут перелетывать, если они находятся в узких расселинах (например, район ледника Малый Фишт). Переходные формы снежников весьма изменчивы и во многом зависят от современных изменений климата. Однако для получения конкретных показателей эволюции снежников необходимы дополнительные исследования. В последние 3–5 лет снежники-перелетки исчезают полностью и вновь образуются на следующий год, что, вероятно, связано с малым количеством твёрдых осадков в холодный период года и сравнительно высокой температурой воздуха в тёплый период (на 0,8–1,2 °С выше нормы).

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края (проект 16-45-230232).

Acknowledgement. The research was carried out with the financial support of the RFBR and the Administration of the Krasnodar Region (project 16-45-230232).

Литература

1. Стебницкий И.И. О высоте линии вечных снегов на Кавказских горах // Изв. РГО. 1873. Т. 9. Вып. 5. С. 144–157.
2. Бабкина А.И. Рельефообразующая деятельность снежников Хибин, Подмосковья и Западного Кавказа // Учён. зап. МГПИ. 1957. Т. 66. С. 75–87.
3. Глушкова И.А. Геоморфологическая и экологическая роль снежников в формировании ландшафтов высокогорья (на примере Западного Кавказа) // Вестн. Краснодарского отделения РГО. 1998. Вып. 1. С. 79–87.
4. Глушкова И.А. Снежники и их геоморфологическая роль на Западном Кавказе: Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону: Ростовский гос. ун-т, 2000. 24 с.
5. Глушкова И.А., Ананьева Э.Г. Нивальные отложения и их роль в формировании микроформ рельефа // Вестн. Краснодарского отделения РГО. 2000. Вып. 2. Ч. I. С. 59–63.

References

1. Stebnitskiy I.I. On the height of the eternal snow line in the Caucasus Mountains. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Proc. of the Russian Geographical Society. 1873, 9 (5): 144–157. [In Russian].
2. Babkina A.I. Relief-forming activity of the snowpatch of the Khibiny Mountains, the Moscow Region and the Western Caucasus. *Uchenye zapiski Moskovskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta*. Scientific Notes of the Moscow State Educational Institute. 1957, 66: 75–87. [In Russian].
3. Glushkova I.A. Geomorphological and ecological role of snowfields in the formation of high mountain landscapes (on the example of the Western Caucasus). *Vestnik Krasnodarskogo regionalnogo otdeleniya RGO*. Vestnik of the Krasnodar Branch, Russian Geographical Society. 1998, 1: 79–87. [In Russian].
4. Glushkova I.A. *Snezhniki i ikh geomorfologicheskaya rol' v formirovanii mikroform rel'efa*. Snowpatch and their geomorphologic role in the relief microform formation. PhD Thesis. Rostov-on-Don: Rostov State University, 2000: 24 p. [In Russian].
5. Glushkova I.A. Nival deposits and their role in the formation of relief microforms. *Vestnik Krasnodarskogo regionalnogo otdeleniya RGO*. Vestnik of the Krasnodar

6. Глушкова И.А., Панова С.В., Ефремов Ю.В. Снежники Западного Кавказа // МГИ. 1998. Вып. 64. С. 95–99.
7. Podolskiy E.A., Lobkina V.A., Gensrovsky Yu.V., Thibert E. Evaluating ablation and environmental impact of giant anthropogenic snow patches (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia) // Cold Regions Science and Technology. 2015. V. 114. P. 44–60.
8. Glazirin G.E., Kodama Y., Ohata T. Stability of drifting snow-type perennial snow patches // Bulletin of Glaciological Research. 2004. V. 21. P. 1–8.
9. Carla Mora, Juan Javier Jiménez, Pedro Pina, João Catalão, and Gonçalo Vieira. Evaluation of single-band snow-patch mapping using high-resolution microwave remote sensing: An application in the maritime Antarctic // The Cryosphere. 2017. V. 11. № 1. P. 139–155.
10. Ефремов Ю.В., Ильичев Ю.Г., Зимницкий А.В. Изменение размеров оледенения в бассейнах рек Белая, Малая Лаба за последнее столетие в связи с изменением климата // Лёд и Снег. 2014. № 4. С. 43–53.
11. Лозовой С.П. Лагонакское нагорье. Краснодар: Краснодарское книжное изд-во, 1984. 160 с.
12. Ялдыгина Н.Б. Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства. 30.11.2016. <http://geomatica.ru/clauses/279/>
13. Осокин Н.И. Снежники и снежниковые системы низко- и среднегорных районов СССР. М.: Наука, 1981. 72 с.
14. Перов В.Ф. Снежники, ледники и мерзлотный рельеф Хибинских гор. М.: Наука, 1968. 119 с.
15. Боч С.Г. Снежники и снежная эрозия в северных участках Урала // Изв. ВГО. 1946. Т. 78. Вып. 2. С. 207–221.
16. Панов В.Д., Иванченко Е.Д. Климат туристских маршрутов Западного Кавказа в бассейнах рек Белая и Шахе. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 51 с.
17. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна р. Кубань. Кисловодск: Ставропольское изд-во МИЛ, 2006. 244 с.
18. Ильичев Ю.Г. Малые формы оледенения: распространение, режим и динамика (на примере Западного Кавказа). М.: НИА–Природа, 2003. 128 с.
19. Хрусталева Ю.П., Панова С.И. Снеговые линии Большого Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского гос. ун-та, 2002. 142 с.
20. Ефремов Ю.В., Ильичев Ю.Г., Панов В.Д. Ледяное ожерелье Кубани. Краснодар: Изд-во «Традиция», 2012. 232 с.
21. Панова С.В., Глушкова И.А., Ефремов Ю.В. Снежники Западного Кавказа // География Краснодарского края: антропогенные воздействия на окружающую среду. Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 1996. С. 115–124.
- Branch, Russian Geographical Society. 2000, 2 (I): 59–63. [In Russian].
6. Glushkova I.A., Panova S.V., Efremov Yu.V. Snowpatches of the Western Caucasus. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1998, 64: 95–99. [In Russian].
7. Podolskiy E.A., Lobkina V.A., Gensrovsky Yu.V., Thibert E. Evaluating ablation and environmental impact of giant anthropogenic snow patches (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia). *Cold Regions Science and Technology*. 2015, 114: 44–60.
8. Glazirin G.E., Kodama Y., Ohata T. Stability of drifting snow-type perennial snow patches. *Bulletin of Glaciological Research*. 2004, 21: 1–8.
9. Carla Mora, Juan Javier Jiménez, Pedro Pina, João Catalão, and Gonçalo Vieira. Evaluation of single-band snow-patch mapping using high-resolution microwave remote sensing: An application in the maritime Antarctic. *The Cryosphere*. 2017, 11 (1): 139–155.
10. Efremov Yu.V., Il'ichev Yu.G., Zimnitskiy A.V. Changes of the glaciation size in the Belaya, Malaya Laba river basins over the last century due to climate change. *Ice and Snow*. Led I Sneg. 2014, 4: 43–53. [In Russian].
11. Lozovoy S.P. *Lagonakskoe nagor'e*. Lagonaky Uplands. Krasnodar: Krasnodar book publishing house, 1984: 160 p. [In Russian].
12. Yaldygina N.B. Use of the ENVI software for solving forestry problems. 30.11.2016. <http://geomatica.ru/clauses/279/>
13. Osokin N.I. *Snezhniki i snezhnikovye sistemy nizko- i srednegornyykh rayonov*. Snowpatches and snow patch systems of low- and mid-mountain regions of the USSR. Moscow: Nauka, 1981: 72 p. [In Russian].
14. Perov V.F. *Snezhniki, ledniki i merzlotnyi relief Khibinskikh gor*. Snowpatches, glaciers and permafrost relief of the Khibiny Mountains. Moscow: Nauka, 1968: 119 p. [In Russian].
15. Boch S.G. Snow cover and snow erosion in the northern parts of the Urals. *Izvestiya VGO*. Proc. of the Russian Geographical Society. 1946, 78 (2): 207–221. [In Russian].
16. Panov V.D., Ivanchenko E.D. *Klimat turistskikh marshrutov Zapadnogo Kavkaza v basseynakh rek Belaya i Shakhe*. Climate of tourist routes of the Western Caucasus in the basins of Belaya and Shakhe rivers. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982: 51 p. [In Russian].
17. Lurie P.M., Panov V.D., Il'ichev Yu.G., Salpagarov A.D. *Snezhnyi pokrov i ledniki basseyna r. Kuban'*. Snow cover and glaciers of the Kuban river basin. Kисловодск: Stavropol publishing house MIL, 2006: 244 p. [In Russian].
18. Il'ichev Yu.G. *Malye formy oledneniya: rasprostraneniye, rezhim i dinamika (na primere Zapadnogo Kavkaza)*. Small forms of glaciation: distribution, regime and dynamics (on the example of the Western Caucasus). Moscow: NIA–Priroda. 2003: 128 p. [In Russian].
19. Khrustalev Yu.P., Panova S.I. *Snegovyye linii Bol'shogo Kavkaza*. Snow lines of the Great Caucasus. Rostov-on-Don: Publishing house of the Rostov State University, 2002: 142 p. [In Russian].
20. Efremov Yu.V., Il'ichev Yu.G., Panov V.D. *Ledyanoe ozherel'e Kubani*. Ice necklace of the Kuban. Krasnodar: Publishing «Tradition», 2012: 232 p. [In Russian].
21. Panova S.V., Glushkova I.A., Efremov Yu.V. *Snezhniki Zapadnogo Kavkaza*. Snowpatches of the Western Caucasus. *Geografiya Krasnodarskogo kraya: antropogennyye vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu*. Geography of the Krasnodar Region: anthropogenic impact on the environment. Krasnodar: Publishing house of the Kuban State University, 1996: 115–124. [In Russian].