

# Путешествия, открытия

УДК 551.2/3

doi: 10.31857/S2076673421030102

## Подвижки ледников Памира в 2020 году

© 2021 г. В.М. Котляков, Л.В. Десинов, С.Л. Десинов, В.А. Рудаков

Институт географии РАН, Москва, Россия  
vladkot4@gmail.com

## Surges of the Pamir glaciers in 2020

V.M. Kotlyakov, L.V. Desinov, S.L. Desinov, V.A. Rudakov

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
vladkot4@gmail.com

Received January 23, 2021 / Revised April 27, 2021 / Accepted June 25, 2021

Keywords: *surging glacier, front of activation, kinematic wave, surge, glacier tongue, space image.*

### Summary

Every year, about ten glaciers in the Western Pamirs are in the active stage of movement. The time from the beginning of the movement of kinematic waves along the glacier to the full completion of the pulsation takes, as a rule, 1–2 years, and in some cases lasts up to 5 years. Activity of the Pamir glaciers in 2020 is discussed in this paper, and we suppose that some pulsations are still in progress in the following years. Data from a number of automatic satellite instruments were used for the analysis, but mainly these were obtained from the International Space Station. In 2020, 10 glaciers in the basins of the Surkhob, Muksu, Seldara, Kyzylsu and Vanch rivers became more active, and in some cases surged. Similar dynamic instability of glaciers was also characteristic for the preceding four years. At present, several major surges are taking place in the Western Pamirs; the Byrs, Vali, Lenin, and Medvezhy glaciers started the active phase of their developments. Therefore, it is necessary to study them by field methods and continue permanent monitoring of them from automatic satellites and the International Space Station.

**Citation:** Kotlyakov V.M., Desinov L.V., Desinov S.L., Rudakov V.A. Surges of the Pamir glaciers in 2020. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2021. 61 (3): 471–480. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673421030102.

Поступила 23 января 2021 г. / После доработки 27 апреля 2021 г. / Принята к печати 25 июня 2021 г.

**Ключевые слова:** *пульсирующий ледник, фронт активизации, кинематическая волна, подвижка, язык ледника, космический снимок.*

Ежегодно в активной стадии подвижек на Западном Памире находятся не менее 10 ледников. Время от начала движения по леднику кинематических волн до полного завершения пульсации занимает, как правило, 1–2 года, а в отдельных случаях продолжается до 5 лет. В статье исследуется активность памирских ледников в 2020 г. и высказываются предположения о продолжении некоторых пульсаций в последующие годы. Для анализа использованы данные ряда автоматических космических аппаратов, но главным образом материалы съёмок с Международной космической станции. В 2020 г. отмечена активизация и в ряде случаев подвижки 10 ледников в бассейнах рек Сурхоб, Муксу, Сельдара, Кузылсу и Ванч; подобная динамическая нестабильность ледников характерна и для предыдущих четырёх лет. В настоящее время происходит несколько крупных подвижек. Ледники Бырс, Вали, Ленина и Медвежий вступили в активную фазу своего развития, поэтому необходимо изучать их полевыми методами и продолжать их постоянный мониторинг с автоматических космических аппаратов и МКС.

### Введение

В отличие от других высокогорных территорий на Памире очень много пульсирующих ледников. Ежегодно здесь в активной стадии подвижек находятся не менее десяти ледников, а время от начала движения по леднику кинематических волн до полного завершения пульсации занима-

ет, как правило, 1–2 года и в отдельных случаях продолжается до пяти лет. Современные методы получения исходной информации в труднодоступных территориях, к числу которых относится и высокогорный Памир, позволяют выявлять динамически нестабильные ледники и вести их ежегодный мониторинг. В настоящей статье мы исследуем активность памирских ледников в 2020 г.

и высказываем предположения о продолжении некоторых пульсаций в последующие годы.

Первый цикл изучения пульсирующих ледников Памира восходит к началу 1970-х годов. Около 12 лет здесь проводили синхронные наблюдения с космических аппаратов, фотосъёмки с борта вертолёт и полевые исследования. В результате были систематизированы основные признаки динамики пульсирующих ледников на всём их протяжении между двумя подвижками [1], а карта таких объектов, составленная в 1983 г., была опубликована в Атласе [2]. Тогда же было установлено отсутствие связи пульсаций ледников с глобальным потеплением климата, а также с землетрясениями, не сопровождавшимися обрушением на ледник горных пород. Установлено около 60 признаков изменений в облике ледников в период подготовки пульсации и в её активной фазе. Многие из них видны на космических фотоснимках высокого и среднего разрешения. Однако для получения достоверных результатов при исследовании ледниковых подвижек необходимо надлежащее дешифрирование фотоснимков с использованием опыта непосредственных наблюдений в горах.

В настоящее время возможности космического мониторинга природной среды весьма обширны. Для этого используют десятки типов автоматических космических аппаратов, а наша научная группа активно сотрудничает с космонавтами Международной космической станции (МКС). Задачи настоящей работы – выявление и изучение ледниковых подвижек, которые происходили на Памире в 2020 г.

### Методика исследований

С мая по октябрь 2020 г. с борта МКС выполнялась фотосъёмка ледников Памира четырьмя аппаратами серии Nikon с фокусным расстоянием объективов от 600 до 1600 мм, что при съёмке в надиr обеспечивало детальность в пределах 2–5 м. Всего получено более 360 кадров. Эти изображения обрабатывались с помощью программы GlobalMapper, версия 15 с использованием топографических карт масштаба 1:25 000. Все космические снимки получены в натуральных цветах. Второй информационный ресурс – снимки со спутника Sentinel с разрешением на местности около 10 м и небольшим отклонением оси

камер от вертикали. Эти изображения обрабатывали в программе QGIS. В дальнейшем возможно использование фотоснимков проекта Planet.com с детальностью около 1 м, уже поступивших в открытый доступ. Отметим, что в ближайшее время станут доступны космические снимки с разрешением на местности около 30 см.

В работе [3] мы отметили три недостатка совмещения топографических карт с космическими снимками при оценке перемещения небольших фрагментов поверхности ледников и их фронтальных частей и рассмотрели способ измерения перемещения выбранных точек относительно контрольных створов, проложенных через две яркие точки на противоположных склонах долины или береговых моренах. Этот способ стал одним из основных и в данном исследовании. При измерении перемещений фронтальных частей ледников основные индикационные признаки таковы: быстрое наступание языка; обвалы льда через береговые морены; растекание фронтальной части ледника в форме «лапы». Ещё один признак активизации ледника – одновременный рост высоты поверхности в одних частях ледника и её понижение в других. Имели значение и скорости движения льда, когда в контрольном створе они изменялись в десять и более раз, а также подпруживание притоков ледника его основным потоком.

На космических снимках высокого разрешения хорошо видны крупные ледниковые трещины. В случае их появления, быстрого развития и возникновения вдоль бортов продольных разломов и зон дробления, а также надвиговых деформаций в головной части ледника, просматривающихся на космических снимках, такой ледник становится предметом дальнейших наблюдений и анализа. Пульсирующий ледник нередко имеет петлеобразный рисунок срединных и боковых морен, что указывает на динамическую нестабильность отдельных ветвей ледника и требует сравнения данного облика ледника с более ранними космическими снимками. Подобный же признак – появление поперечных моренных дуг на языке. Все эти основные признаки и около 30 других, рекомендованных Инструкцией [1], были исследованы на космических снимках 2020 г., полученных с июня по ноябрь с интервалом около двух недель, что позволило определить конкретные этапы эволюции ледников и выделить те из них, которые, вероятно, продолжат пульсировать и в 2021 г.

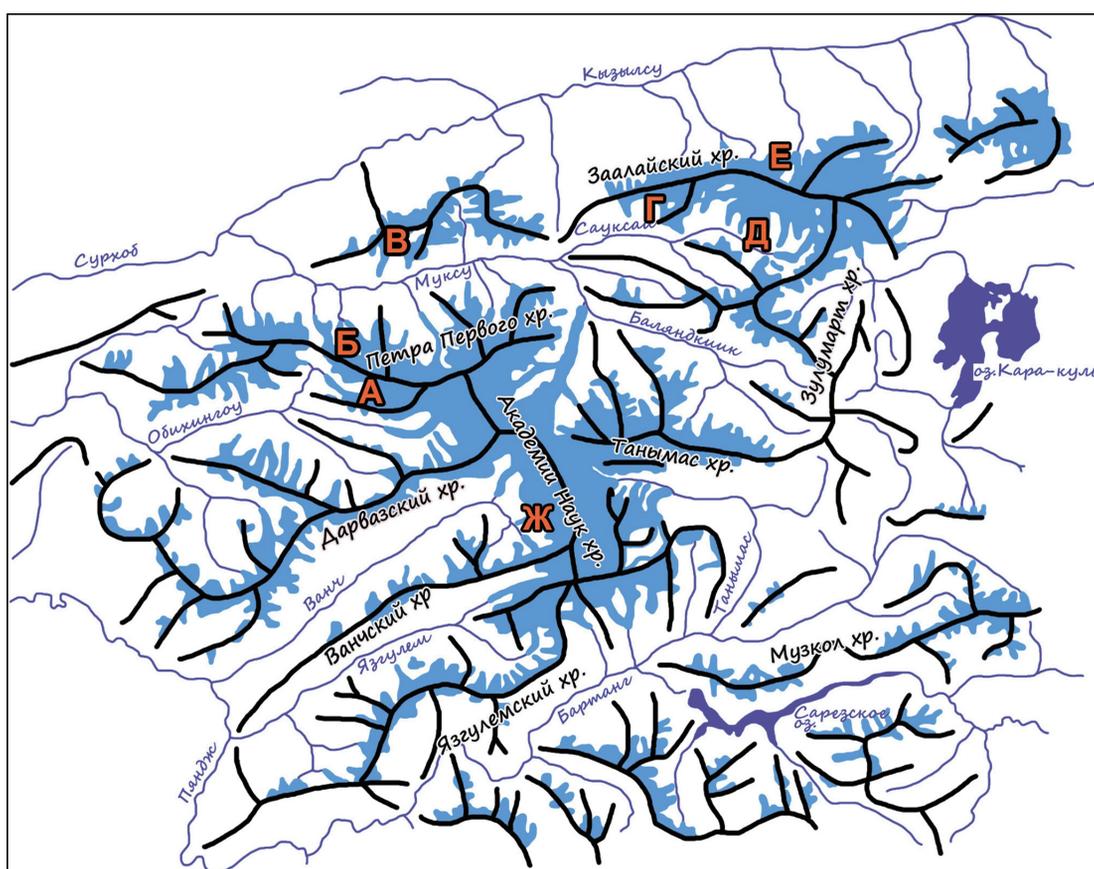
## Результаты исследований

Выполненные исследования позволили установить ледники Памира, которые находились в 2020 г. в активной фазе пульсации (рис. 1). Рассмотрим их последовательно в направлении с запада на восток в каждом гидрологическом бассейне.

**В северо-западной части Памира** пульсирующие ледники присутствуют в бассейнах рек Сурхоб и Обихингоу. В первом из них в предыдущие пять лет произошли подвижки шести ледников, включая один из самых известных – ледник Дидаль. Три соседних ледника обрушивали большие порции селевых масс в направлении глав-

ной речной долины [3]. Всего в 30 км отсюда хр. Петра Первого в направлении с юго-запада на северо-восток пересекает характерный разлом земной коры, вдоль которого залегает долина на р. Шахлысу (бассейн р. Обихингоу). Здесь, на северном склоне главного хребта в 2017 г. завершилась крупная синхронная подвижка ледников № 85 и 88 [4]. В расположенном к югу соседнем речном бассейне почти синхронно проходили пульсации ледников Шокальского и Ванчдара, выдвигавшихся с юга к долине р. Гармо.

В 2020 г. основные события в бассейне р. Обихингоу отмечались в том районе, где хр. Петра Первого достигает своей высшей точки (пик Мо-



**Рис. 1.** Места сконцентрированного расположения пульсирующих ледников Памира, активность которых ярко проявилась в 2020 г.

А – № 188 (Гандо), № 191 (Дорофеева), № 192, 193, 198, 199, 207 в бассейне р. Обихингоу; Б – Бырс (№ 772) и Сугран (№ 773) в бассейне р. Муксу; В – № 130 и Сатсу (№ 132) в бассейне р. Муксу; Г – № 217 и 219 в долине Чакманташ в бассейне р. Муксу; Д – № 255 и Вали (№ 257) в бассейне р. Муксу; Е – Ленина (№ 199) и его правая ветвь (№ 190) в бассейне р. Кызылсу; Ж – Медвежий (№ 118) в бассейне р. Ванч

**Fig. 1.** Places of concentrated location of surging glaciers in the Pamirs, which activity was clearly manifested in 2020. А – № 188 (Gando), № 191 (Dorofeeva), № 192, 193, 198, 199, 207 in the Obihingou River basin; Б – Byrs (№ 772) and Sugran (№ 773) in the Muksu River basin; В – № 130 and Satsu (№ 132) in the Muksu River basin; Г – № 217 and 219 in the Chakmantash Valley in the Muksu River basin; Д – № 255 and Vali (№ 257) in the Muksu River basin; Е – Lenin Glacier (№ 199) and its right branch (№ 190) in the Kyzylsu River basin; Ж – Medvezhy Glacier (№ 118) in the Vanch River basin



**Рис. 2.** Язык ледника Гандо в сентябре 2018 г. перед началом его подвижки, и ледники, расположенные на его северном и южном горном обрамлении, проявившие активность в 2018 г. и ранее.

Космический снимок сделан перед началом подвижки ледника Дороевца. Номерами обозначены ледники по Каталогу [4]: № 188 – ледник Гандо; № 191 – ледник Дороевца; № 193, 198, 199 и 207 – активные притоки ледника Гандо, периодически выдвигающиеся к нему и образующие вложенные потоки льда. А – след фронтальной части предыдущей подвижки ледника Дороевца (время не известно); В – след фронтальной части предыдущей подвижки ледника № 193 (время не известно)

**Fig. 2.** The tongue of the Gando Glacier in September 2018 before the beginning of its surge, and the glaciers located on its northern and southern mountain frames that were active in 2018 and earlier

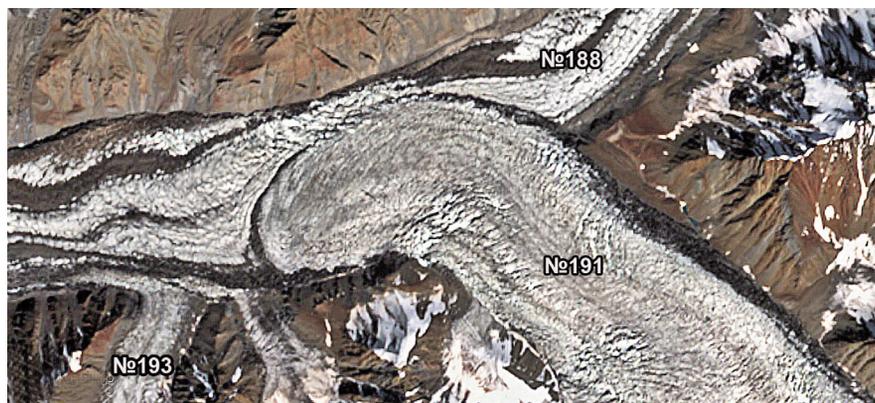
The space image was taken before the beginning of the Dorofeev Glacier movement. The numbers indicate the glaciers in the Glacier Inventory [4]: № 191 – Dorofeev Glacier; № 188 – Gando Glacier; № 193, 198, 199 and 207 – tributaries of Gando Glacier. A – a trail of the front part of the previous surge of the Dorofeev Glacier (time not known); B – trail front the previous advances of the glacier № 193 (time not known)

сква, 6785 м). Здесь, на южном склоне пика берёт начало ледник Гандо – один из самых активных на Памире (рис. 2). Периодически активизируются две его главные ветви, дальность продвижения которых достигает 10 км. Однако самым активным объектом в настоящее время остаётся ледник Дороевца, впадающий в ледник Гандо слева. Он стекает с северного склона хр. Гармо – отрога хр. Петра Первого. Область его аккумуляции расположена на высотах 4450–5750 м [4], а нижняя точка находится на высоте 4220 м; ледник почти полностью закрыт снегом даже в летнее время. Длина ледника превышает 11 км, а ширина языка равна примерно 2 км, поэтому частые периодические подвижки хорошо заметны. По нашим данным, в недавнее время они происходили в 1984 и 2006 гг. Следы ещё одной пульсации ледника мы отмечали в 1969 г. при его наземном обследовании.

К 2020 г. относится кульминация подвижки ледника Дороевца (№ 191). По всем признакам она продолжится на следующий год и, может быть, даже не завершится. Самые первые при-

знаки последней активизации ледника проявились осенью 2018 г. К середине декабря ледник спустился с невысокой террасы и надвинулся на 80 м на ледник Гандо (№ 188), обозначив начало образования характерной «лапы». Зимой подвижка продолжилась, но к июлю 2019 г. фронт ледника, продвинувшись на 270 м, на некоторое время остановился. На языке ледника, в 140 м от фронта подвижки, возникло волнообразное вспучивание в форме дуги, которое к середине августа приблизилось к нижнему контуру на 60 м. Ещё через месяц обе волны активизации слились и поступательное движение в виде наложенного потока льда по леднику Гандо приостановилось, уступив место растеканию «лапы». Ко времени первых снегопадов в конце октября фронт подвижки прошёл ещё 60 м, а в следующем месяце – ещё столько же. Общая длина ледяной массы, оказавшейся на леднике Гандо, достигла 470 м.

В 2020 г. первые космические снимки с борта МКС были сделаны только в конце июня. Они показали очень активное развитие рассмотрен-



**Рис. 3.** Ледник Дорофеева (№ 191) в середине ноября 2020 г.

**Fig. 3.** Dorofeev Glacier (№ 191) in mid-November 2020

ного здесь пульсационного процесса в зимнее время: фронтальная часть наложенного потока льда зафиксирована уже на расстоянии около 970 м от начальной позиции. Более яркими стали и внешние признаки подвижки: наложенный поток, растекаясь по языку главного ледника, повернул на 90° и прошёл около 1300 м от условной осевой линии ледника Дорофеева. Этот поток стал доминировать во внешнем облике ледника Гандо (рис. 3). За весь летний период его длина увеличилась всего на 80 м, а с середины ноября до 15 декабря – ещё на 30 м. Вполне вероятно, что подвижка не замерла и вновь проявит себя в 2021 г. Отметим, что период подвижек ледника Дорофеева в среднем близок к 20 годам.

Западнее ледника Дорофеева с хр. Гармо стекают два небольших ледника. В 2 км от его устья расположен ледник № 193, который периодически продвигается вперёд и образует вложенный поток льда на леднике Гандо. Последние такие события мы зафиксировали в 1981 г. по космическому снимку, сделанному со спутника «Ресурс-Ф» камерой СА-20, и в 2001 г. по фотоснимку с МКС. А ещё западнее с хр. Гармо стекает ледник № 207; в 2020 г. он продвинулся на 120 м, но остался в своём ущелье. В 2020 г. в одном из ущелий правого борта долины Гандо произошла ещё одна подвижка с выходом ледника за пределы своего контура. В Каталоге [4] он обозначен под № 199 и имеет длину всего 1,8 км. Активность этого ледника стала заметна уже в 2019 г., а летом 2020 г. он продвинулся на 140 м. В это время было видно последовательное нагнетание льда тремя волнами. Активен был также небольшой ледник № 198 [4], расположенный на склоне правого борта долины Гандо. Его подвижка завершилась в 2017 г.

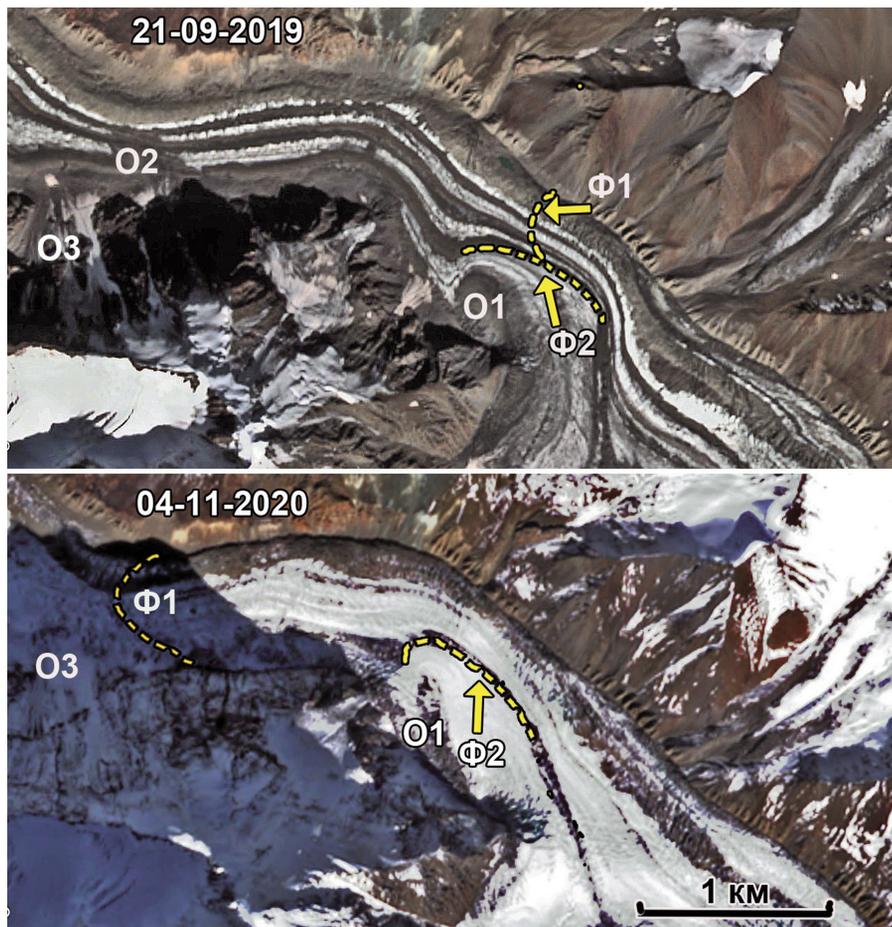
В 2020 г. объектом нашего внимания стал ледник *Бырс*, отмеченный в Каталоге [4] под № 772. Его активность ярко проявляется за 8–10 лет до кульминации подвижки; очевидно, что уже за 3–4 года до подобных событий этот ледник должен находиться под пристальным вниманием. В 2020 г. мы начали эту работу. Судя по нашим данным, последние пульсации ледника *Бырс* происходили в 1983 и 2007 гг. До 2013 г. ледник на всём протяжении до хр. Курай-Шапак быстро деградировал и зона выноса льда располагалась на высоте всего 2900–3100 м среди кустарника и лугов. Однако в июле 2014 г. мы заметили несколько волн активизации ледника выше ледопада на высотах 4120–4720 м. Как правило, именно в этой области ледника зарождались предыдущие его подвижки. Такая подвижка обычно захватывает более 1700 м длины ледника, а угол наклона льда достигает 18°. Активное движение льда обычно тормозит узкий и крутой ледопад, ниже которого язык ледника после подвижки быстро бронируется моренным чехлом. И всегда ниже ледопада, у его левого края, возникает небольшое озеро, которое исчезает с приходом первой волны активности. Это событие и вызывает необходимость детальных наблюдений за пульсирующим ледником.

В начале сентября 2015 г. передовая выпуклая активная волна льда достигла верхней кромки ледопада на высоте около 4000 м; теперь наступающему льду надо было преодолеть крутую 200-метровую ступень ложа. Для этого потребовался целый год, а затем в течение ещё одного года происходил переток через ледопад этой дополнительной порции льда, что обеспечило дальнейший активный ход подвижки. За это время у обоих краёв ледопада возникло два озера. В июне 2018 г. первая волна активизации

накрыла правое озеро, а к началу августа она прошла путь в 320 м от ледопада. При этом активный лёд двигался вдоль правого края языка ледника Бырс, занимая около 80% его ширины и не нарушая глади левого озера. Далее процесс замедлился: за следующий год фронтальная зона пульсации продвинулась всего на 110 м, а левое озеро даже увеличилось в размерах. Когда в начале лета 2020 г. ледник освободился от сезонного снежного покрова, космическая фотосъёмка зафиксировала исчезновение левого озера. Теперь всё наше внимание было отдано леднику Бырс. Его язык лежит глубоко среди береговых моренных валов и имеет три плавных дугообразных изгиба. Как правило, непосредственно в фазу пульсации раздробленный на тысячи огромных блоков лёд намного превышает уровень этих валов, но к зиме 2020/21 г. такой картины ещё не наблюдалось. Передовой фронт подвижки прошёл два первых изгиба русла, и летом следующего года это движение, очевидно, будет продолжаться.

Весьма существенные изменения произошли и на главном леднике долины р. Сугран, который в Каталоге [4] отмечен под № 773. Ледник Сугран – один из самых известных крупных пульсирующих ледников Памира. Его последние подвижки зафиксированы в 1976–1980 и 2002–2005 гг., причём последняя активизация проходила в три фазы с задержками продвижения динамического фронта из-за весьма сложной морфологии его поверхности [5].

Повышенной активностью гляциологических процессов отличается и система ледника Сугран, расположенного на противоположной стороне хр. Петра Первого, севернее ледника Гандо. Ожидавшаяся новая активизация этого ледника началась в 2019 г., когда к тому месту, где сходятся шесть его основных ветвей и начинается язык ледника, пришла кинематическая волна (рис. 4, Ф1). Одновременно сюда переместился фронт активизации крупного левого притока (см. рис. 4, Ф2) и здесь же произошёл обвал горных пород с крутого левого борта. Второй обвал перекрыл язык от



**Рис. 4.** Динамика активизации средней части ледника Сугран в 2019–2020 гг.

Ф1 – положение динамического фронта активности в сентябре 2019 г. и в ноябре 2020 г.; Ф2 – положение динамического фронта активности левого притока в сентябре 2019 г. и в ноябре 2020 г.; О1, О2, О3 – места обвалов горных пород на ледник Сугран

**Fig. 4.** Dynamics of activation of the middle part of the Sugran Glacier in 2019–2020:

Ф1 – position of the dynamic activity front in September 2019 and November 2020; Ф2 – position of the dynamic activity front of the left tributary in September 2019 and November 2020; О1, О2, О3 – places of rock falls on the Sugran Glacier

борта до борта в 2 км ниже (см. рис. 4, О1, О2), а третий обвал (см. рис. 4, О3) случился уже в начале ноября 2019 г. За год с небольшим динамический фронт пульсации Ф1 продвинулся на 2180 м со средней скоростью 5,4 м/сут. На космических снимках ярко проявились повышение уровня поверхности выше фронта активизации и заполнение льдом обеих краевых ложбин ледника. Второй фронт пульсации, вызванный активизацией левого крутого притока Ф2, за это время продвинулся на 530 м со средней скоростью около 1,3 м/сут. Таким образом, зафиксирован первый цикл подвижки, но три небольших по площади обвала горных пород (О1, О2, О3) могут сыграть роль катализатора этой пульсации. Поэтому в 2021 г. ледник Сугран должен стать объектом пристального внимания

**В северо-восточной части Памира** в 2020 г. пульсации ледников произошли в бассейне р. Муксу. Здесь ледники № 130 и 132 (Сатсу) [4] расположены в самой западной части Заалайского хребта. Язык каждого из этих ледников отделяется от области аккумуляции крутым ледопадом высотой более 300 м, а основное питание происходит за счёт лавинного снега и обвалов горных пород. Ниже ледопада отмечены волны активизации — признак назревающей пульсации. Река Муксу выше места слияния с ней р. Сельдара, берущей начало из грота ледника Федченко, носит название Сауксай. К ней обращён южный склон центральной части Заалайского хребта — один из самых высоких фрагментов Памирских гор, а южные отроги хребта на ряде участков даже выше главного водораздела. Такая орография вызывает обильные твёрдые осадки, питающие здешние ледники. В долине р. Чакманташ, укрытой со всех сторон высоким отрогом и его ответвлениями, лежит сложно-долинный ледник № 217 [4] длиной 5,7 км. Его предыдущая подвижка завершилась по данным наших прошлых наблюдений в 1993 г.: ледник продвинулся тогда более чем на 1 км. К 2015 г. он сократился до исходных размеров, но летом 2016 г. снова начал наступать в сторону соседнего, тоже пульсирующего ледника № 219. К этому времени ледник № 219 в результате своей подвижки перекрыл путь леднику № 217, пульсация которого прекратилась. Расстояние между этими ледниками составляло 240 м. За четыре года ледник № 217 преодолел этот путь, но к июлю 2020 г. на его пути оказалось препятствие рельефа. В начале ноября пришли зимние холода и ледник замер.

Самый высокий фрагмент центральной части Заалайского хребта — массив пика Ленина (это название в Таджикистане в 2006 г. изменили на Абу Али ибн Сина, а в Киргизии в 2017 г. на Манас). Все пять ледников, лежащих на южном склоне этого горного узла, пульсирующие: № 255, Вали, Дзержинского, Малый Саукдара и Большой Саукдара. В 2020 г. два первых из них находились в активной стадии пульсации.

**Ледник № 255** [4] по меркам этого горного узла — небольшой: его длина всего 5,5 км. Предыдущая подвижка ледника происходила по нашим данным в 2001–2007 гг., когда он не дошёл до р. Сауксай всего 1820 м. В 2020 г. произошёл подток льда в его среднюю область, где сформировалась кинематическая волна. К зиме она продолжала медленно увеличиваться в размерах. **Ледник Вали** (№ 257) в 2020 г. находился в активной фазе пульсации, впервые обнаруженной на снимках с МКС в июне 2018 г. За три первых месяца ледник продвинулся на 750 м, а за следующие 13 месяцев — ещё на 680 м. В период с октября 2019 г. по октябрь 2020 г. темп подвижки резко упал, фронтальная часть языка приблизилась к р. Сауксай на 320 м; вполне вероятно, что к летнему сезону 2021 г. ледник Вали остановится. Заметим, что во время пульсации 1977 г. фронт ледника полностью перекрывал р. Сауксай [6], а при подвижке 2001–2002 гг. по данным фотосъёмки с МКС продвинулся на 1350 м, отступив к 2016 г. на прежнюю позицию.

**На северной стороне центральной части Заалайского хребта**, на пологом склоне пика Ленина залегает одноимённый ледник, отмеченный в Каталоге [4] под № 199. Он состоит из двух больших потоков, каждый из которых представляет собой отдельный ледник. По внешним признакам пульсирующий режим проявляется и на основной (№ 199) и на левой (№ 190) его ветвях, но, по данным К.П. Рототаева [7], в 1969–1970 гг. лишь главный поток продвинулся примерно на 1100 м. О наступании ледника № 190 объективных данных в научной литературе и отчётах альпинистов нет. Обратившись к фотоснимкам, сделанным в 1973–1976 гг. со спутника «Ресурс-Ф», отметим в дополнение к сведениям К.П. Рототаева, что в облике потока № 199 чётко выделялись две застывшие кинематические волны, одна из которых расположена в 2780 м от конца ледника, а другая — в 3360 м. При этом нижняя точка лед-



**Рис. 5.** Морфология поверхности открытой части ледника Медвежьего (№ 118) и левого притока (№ 119) в июне 2020 г.

1 – положение динамического фронта активности, ниже него язык ледника Медвежьего в стадии деградации; 2 – положение второго фронта активности; 3 – положение третьей волны активизации; 4 – нижняя часть левого притока

**Fig. 5.** The surface morphology of the open part of the Medvegiy Glacier (№ 118) and left tributary (№ 119) in June 2020.

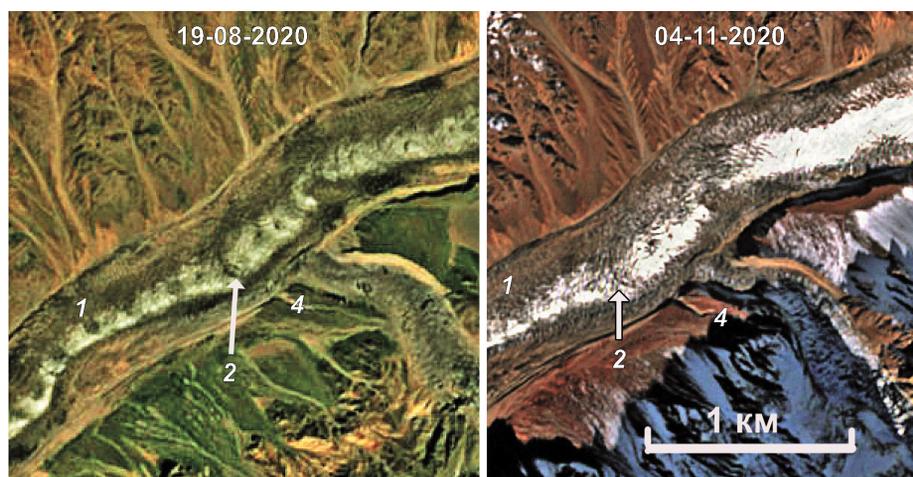
1 – position of dynamic front of activity, the lower part of glacier tongue is in the degradation stage; 2 – position of the second front of activity; 3 – position of the third wave of activation; 4 – lower part of the left tributary

ника находилось на высоте 3790 м. Деградация языка продолжалась до 1996 г., когда наступил новый цикл активизации: ледник равномерно за восемь лет продвинулся на 1560 м и остановился в 2004 г. в том месте, где конец его языка находился в 1970 г. и расположен в настоящее время. Сравнение космических снимков 1973–1976 и 2018–2020 гг. показывает, что давний морфологический облик ледника № 199 полностью соответствовал его современному виду. Между тем, по данным космической съёмки этот ледник до 2003 г. постепенно отступал, но активизировался в 2003 г. и за три года, преодолев около 400 м, упёрся в нижнюю часть потока ледника № 199. Таким образом, нижние части обеих ветвей ледника Ленина с той поры находятся в состоянии деградации и, очевидно, «накапливают силы» для новых пульсаций.

В 2020 г. на главном потоке ледника Ленина стала хорошо заметна волна активизации. Она возникла летом 2018 г., причём основная её причина – интенсивное поступление фирна со склонов обширного цирка правой ветви № 190 к месту начала языка ледника. Это обстоятельство

ставит правую ветвь ледника Ленина в число наиболее актуальных объектов изучения пульсирующих ледников Памира в ближайшие годы.

**В бассейне р. Ванч** находится самый известный пульсирующий ледник Памира – *Медвежий*, ставший первым в мире природным объектом, на котором отечественные гляциологи изучали природные процессы, свойственные пульсирующим ледникам, на протяжении всего цикла одной пульсации – от начала одной подвижки вплоть до следующей [8]. Этот ледник представляет собой реальную угрозу жизни людей и инфраструктуре в долине р. Ванч. Подвижки ледника Медвежий (№ 118 в Каталоге [4]) нашли отражение в десятках научных статей и монографий, одна из последних – [9]. Пульсации ледника Медвежьего происходят весьма часто. Они отмечены в 1916, 1937, 1951, 1963, 1973, 1989, 2001 и 2011 гг. и повторяются в среднем через каждые 13–14 лет, но в двух известных случаях [8] подвижки случались через 10 лет – в области абляции ледника, где обычно появлялись первые признаки активизации: на языке ледника ниже крутого ледопада.



**Рис. 6.** Участок ледника Медвежьего в районе впадения в него левого притока 19 августа и 4 ноября 2020 г. Усл. обозначения см. рис. 5

**Fig. 6.** The surface morphology of the Medvegiy Glacier on 19 August and 4 November 2020. The symbols are the same as in Fig. 5

Ледник Медвежий с 1977 г. служит эталоном, на котором российские космонавты изучают основные признаки пульсирующих ледников.

В июне 2020 г. космическая съёмка зафиксировала появление на языке ледника Медвежьего двух волн активизации. На рис. 5 видно, что первая из них находилась напротив и несколько ниже небольшого притока (ледник № 119), который время от времени выдвигается к основному леднику и к 12 июня ещё не потерял с ним контакт. Вторая кинематическая волна расположена ниже ледопада и недалеко от него. На снимке прослеживается вложенный лёд вдоль левой береговой морены ледника Медвежий, маркирующий состоявшуюся в 2014–2015 гг. подвижку притока № 119. Через два месяца (рис. 6) космическая съёмка зафиксировала перемещение фронтальной кинематической волны на 60 м, а ещё спустя 76 суток – на 80 м, т.е. фронт активизации двигался со скоростью около 1 м/сут. Отметим, что в последнем временном интервале отмечена и подвижка притока, который упирается в главный ледник и ниже притока становится заметно шире. Выше кинематической волны увеличиваются и поперечные размеры ледника Медвежий, а поверхность ледника всё ближе подбирается к уровню береговых морен.

Учитывая изложенную информацию и динамику развития пульсационных процессов, которые не прекращались и в зимнее время, следует ожидать достижения фронтальной кинемати-

ческой волной нижнего контура языка ледника Медвежьего в 2022 г. Напомним, что в прошлые подвижки ледник проходил расстояние от позиции, зафиксированной 4 ноября 2020 г., до конца своего языка за время от шести до полутора лет. Поэтому, безусловно, ледник Медвежий, должен привлечь особое внимание гляциологов в 2021 г. и в дальнейшем.

### Заключение

В результате дешифрирования и анализа космических снимков Памира последних лет сделан вывод о продолжающейся в условиях происходящего изменения климата активности в этом регионе многих пульсирующих ледников. Практически все известные признаки ледниковых пульсаций, изложенные в Инструкции [1], проявились в горах Памира в 2020 г. В этом году отмечена активизация, а в ряде случаев подвижки 11 ледников в бассейнах рек Сурхоб, Муксу, Сельдара, Кузылсу и Ванч. Подобная динамическая нестабильность ледников характерна и для предыдущих четырёх лет.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках Госзадания АААА-А19-11902290168-8.

**Acknowledgments.** The work was carried out within the framework of the State Task АААА-А19-11902290168-8.

## Литература

## References

1. Долгушин Л.Д., Десинов Л.В., Котляков В.М., Рототаев К.П., Цветков Д.Г. Инструкция по составлению каталога пульсирующих ледников СССР // МГИ. 1982. Вып. 44. С. 208–234.
2. Десинов Л.В., Рототаев К.П. Карта «Пульсирующие ледники Памира» // Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. Т. 1 / Отв. ред. В.М. Котляков. М.: Российская академия наук, 1997. С. 147.
3. Котляков В.М., Десинов Л.В., Десинов С.Л., Рудakov В.А. Подвижки ледников Памира в первые 20 лет XXI века // ДАН. Науки о Земле. 2020. Т. 405. № 1. С. 64–68.
4. Каталог ледников СССР. Л., Гидрометеиздат, 1968–1978. Т. 14. Средняя Азия. Вып. 3. Части 7, 8, 9, 11.
5. Котляков В.М., Осипова Г.Б., Цветков Д.Г. Космический мониторинг пульсирующих ледников Памира // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 4. С. 74–83.
6. Десинов Л.В., Котляков В.М., Сулов В.Ф. Наблюдения за подвижками ледников Памира из космоса // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1978. № 1. С. 117–120.
7. Котляков В.М., Рототаева О.В., Лебедева И.М., Бажев А.Б., Варнакова Г.М., Геткер М.И., Долгушин Л.Д., Канаев Л.А., Кеммерих А.О., Кренке А.Н., Муравская Р.В., Сезин В.М., Супруненко Ю.П., Сулов В.Ф., Тукеев О.В. Оледенение Памиро-Алая. М.: Наука, 1993. 256 с.
8. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Пульсирующие ледники. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 192 с.
9. Десинов Л.В., Котляков В.М., Осипова Г.Б., Цветков Д.Г. Снова дал знать о себе ледник Медвежий // МГИ. 2001. Вып. 91. С. 249–253.
1. Dolgushin L.D., Desinov L.V., Kotlyakov V.M., Rototaev K.P., Tsvetkov D.G. Instruction for compilation of the USSR surging glacier inventory. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1982, 44: 208–234. [In Russian].
2. Desinov L.V., Rototaev K.P. The map «Surging glaciers in the Pamirs». *Atlas snezhno-ledovykh resursov mira. T. 1*. World Atlas of Snow and Ice Resources. V. 1. Ed. V.M. Kotlyakov. Moscow: Russian Academy of Sciences, 1997: 147. [In Russian].
3. Desinov L.V., Desinov L.V., Desinov S.L., Rudakov V.A. Surges of glaciers in the Pamirs at the first 20 years of XXI century. *Doklady Akademii Nauk. Nauki o Zemle*. Reports of the Academy of Sciences. Earth' Sciences. 2020, 405 (1): 64–68. [In Russian].
4. *Katalog lednikov SSSR*. USSR Glacier Inventory. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1968–1978. V. 14. Is. 3. Parts 7, 8, 9, 11. [In Russian].
5. Kotlyakov V.M., Osipova G.B., Tsvetkov D.G. Space monitoring of surging glaciers in the Pamirs. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. Proc. of the Russian Academy of Sciences. Geogr. Series. 2008, 4: 74–83. [In Russian].
6. Desinov L.V., Kotlyakov V.M., Suslov V.F. Observations of glacier surges in the Pamirs from space. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geograficheskaya*. Izvestiya AN SSSR. Geogr. Series. 1978, 1: 117–120. [In Russian].
7. Kotlyakov V.M., Rototaeva O.V., Lebedeva I.M., Bazhev A.B., Varnakova G.M., Getker M.I., Dolgushin L.D., Kanaev L.A., Kemmerich A.O., Krenke A.N., Muravskaya R.V., Sezin V.M., Suprunenko Yu.P., Suslov V.F., Tukeev O.V. *Olednenie Pamiro-Alaya*. Glaciation of the Pamirs-Alay. Moscow: Nauka, 1993: 256 p. [In Russian].
8. Dolgushin L.D., Osipova G.B. *Pul'siruyushchie ledniki*. Surging glaciers. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1982: 192 p. [In Russian].
9. Desinov L.V., Kotlyakov V.M., Osipova G.B., Tsvetkov D.G. Again Medvezhiy Glacier gave some signs. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 2001, 91: 249–253. [In Russian].

Подписано в печать 10.08.2021 г. Дата выхода в свет 23.09.2021 г. Формат 60 × 88<sup>1/8</sup>. Цифровая печать.  
Усл.печ.л. 19.56. Уч.-изд.л. 20.0. Бум.л. 10.0. Тираж 77 экз. Договорная цена. Заказ 4471.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-76744 от 24 сентября 2019 г.,  
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Учредители: Российская академия наук, Институт географии Российской академии наук, Русское географическое общество.

Оригинал-макет подготовлен в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки  
Институт географии Российской академии наук.

Издатель: Российская академия наук, 119991 Москва, Ленинский просп., 14.

Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-068-20

ООО «Объединённая редакция», 109028, г. Москва, Подкопаевский пер., д. 5, каб. 6.

**16+**

Отпечатано в типографии «Book Jet» (ИП Коняхин А.В.), 390005, г. Рязань, ул. Пушкина, 18, тел. (4912) 466-151.