

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЛЕДНИКИ

УДК 551.324.65

DOI: 10.15372/KZ20210405

ПОСЛЕДНИЕ ПОДВИЖКИ ЛЕДНИКОВ
В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ХРЕБТА ПЕТРА ПЕРВОГО (ПАМИР)

С.Л. Десинов

*Институт географии РАН,
119017, Москва, Старомонетный пер., 29, Россия; sdesinov@gmail.com*

Проведен анализ подвижек ледников, произошедших на Памире в западной части хребта Петра Первого в 2015–2020 гг. Использованы результаты анализа космических снимков, полученных с борта Международной космической станции и со спутников Landsat, RapidEye и Sentinel. Установлено, что явления отрыва части ледника и быстрого его схода вниз по долине для этого района не единичны. Показан ущерб, нанесенный хозяйственной деятельности человека в результате описанных подвижек. Определены периоды пульсаций некоторых ледников.

Ключевые слова: подвижка ледника, пульсация ледника, Дидаль, Сурхоб, Вайзирек, хребет Петра Первого, космический снимок.

RECENT GLACIER SURGES
IN THE WESTERN PARTS OF PETER THE FIRST RIDGE (PAMIR)

S.L. Desinov

*Institute of Geography, RAS,
Staromonetny per. 29, Moscow, 119017, Russia; sdesinov@gmail.com*

Analysis of the glacier surges during 2015–2020 in the western parts of Peter the First Ridge, Pamir, is carried out based on the interpretation of images taken from the International Space Station, as well from Landsat, RapidEye and Sentinel satellites. It is established that massive ice blocks' breaking off from glaciers and their rapid descent down the valley is not unique for that region. The damage caused to human economic activity as a result of the investigated glacier surges is described. Periods of pulsation of some glaciers are determined.

Key words: glacier surge, pulsating glacier, Didal Glacier, Surkhob, Vayzirek, Peter the First Ridge, satellite image.

ВВЕДЕНИЕ

Пульсирующие ледники занимают особое место в гляциологии, так как представляют собой довольно грозное природное явление, но изучены весьма слабо. В горных районах средних широт они более всего распространены на Памире, где изучались учеными Института географии РАН, которыми разработаны инструкции по составлению Каталога пульсирующих ледников СССР [1982], карты пульсирующих ледников Памира по состоянию на 1983 г., вошедшей в Атлас снежно-ледовых ресурсов мира [1997], и Каталога пульсирующих ледников Памира [1998]. В последние годы данной темой заинтересовались также зарубежные исследователи [Mölg et al., 2018; Goerlich et al., 2020].

Одна из первых и наиболее интересных подвижек ледников, изученных на Памире советскими и российскими гляциологами, произошла в 1974 г. Летом 1974 г. активно наступал ледник Ди-

даль, в результате чего от его языка оторвался фрагмент длиной около 600 м и сместился вниз по долине на 3 км. Пульсация сопровождалась выбросом большого количества воды и разрушением моста, находящегося в нижней части долины [Pотомоев, 1974; Суслов, 1974].

Подобное явление отрыва части ледника и стремительного схода его вниз время от времени происходит в разных районах планеты: Колка в 1902 и 2002 гг. [Котляков и др., 2014], Аллалин в 1965 г. [Долгушин, Осипова, 1982], Равак в 1967 г. [Там же], Ару в 2016 г. [Gilbert et al., 2018]. В литературе также встречаются упоминания о том, что ряд памирских долин имеет следы подобных выбросов масс льда в прошлом [Pотомоев, 1978]. Поэтому представляется интересным вопрос, действительно ли подобное явление присуще пульсациям ледников Памира и насколько часто оно случается. Для этого требуется проследить за ха-

рактором последующих подвижек тех ледников, у которых такие явления достоверно наблюдались, а также за подвижками ледников, у которых они не были отмечены.

Пульсации ледников – явление хотя и периодическое, но продолжительное; цикл занимает, как правило, несколько десятков лет. Поэтому, несмотря на то что регулярные наблюдения за пульсирующими ледниками ведутся в нашей стране с 1960-х гг., достаточный объем данных до сих пор не накоплен. Однако в последние годы на Памире произошло несколько интересных событий, которые добавляют информацию для изучения поставленных вопросов.

Настоящая статья представляет начало публикаций, где дается обзор ледниковых подвижек, произошедших в горах Памира, начиная с 2001 г.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемые ледники располагаются в западной части Памира, на северном склоне хр. Петра Первого. Этот хребет имеет в целом широтное простираие. Хотя в восточной части он поднимается до высоты 6785 м (пик Москва), в исследуемом районе его высоты ниже и находятся в диапазоне от 3800 до 5400 м (рис. 1).

Хребет Петра Первого в районе залегания одноименного ледника делится на две ветви. Все изученные автором ледники находятся на северном склоне, но принадлежат они к бассейнам двух разных рек: Сурхоб (ледники № 504, 505, 506, Ди-

даль) и Обихингоу (№ 85 и 88). Эти реки в последующем сливаются, образуя р. Вахш (одну из составляющих р. Аму-Дарья).

Склоны хребта весьма крутые. Падение от него до идущей параллельно с севера р. Сурхоб составляет около 3 км на расстоянии 12–15 км. Долины стекающих с него рек здесь часто представляют собой узкие ущелья. Долины рек, текущих с южной ветви хребта в р. Обихингоу, более широкие и пологие, однако перепад высот и расчленение рельефа также значительные.

Метеорологические станции в районе изучаемых ледников отсутствуют. Две станции находятся в долинах Сурхоб и Обихингоу, однако на значительном удалении от объектов исследований и на более низких гипсометрических уровнях.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИХ ОБРАБОТКИ

С 2001 г. Институт географии РАН совместно с Ракетно-космической корпорацией “Энергия” осуществляет эксперимент “Ураган” – наблюдения и фотографирование поверхности Земли с борта Российского сегмента Международной космической станции (МКС). В основу этой статьи положена информация, полученная в рамках данного эксперимента. Использовались также снимки ряда зарубежных спутников дистанционного зондирования, топографические карты масштабов 1:100 000 и 1:50 000 и данные из Каталогов ледников СССР [1971, 1978] и Каталога пульсирующих ледников Памира [1998].

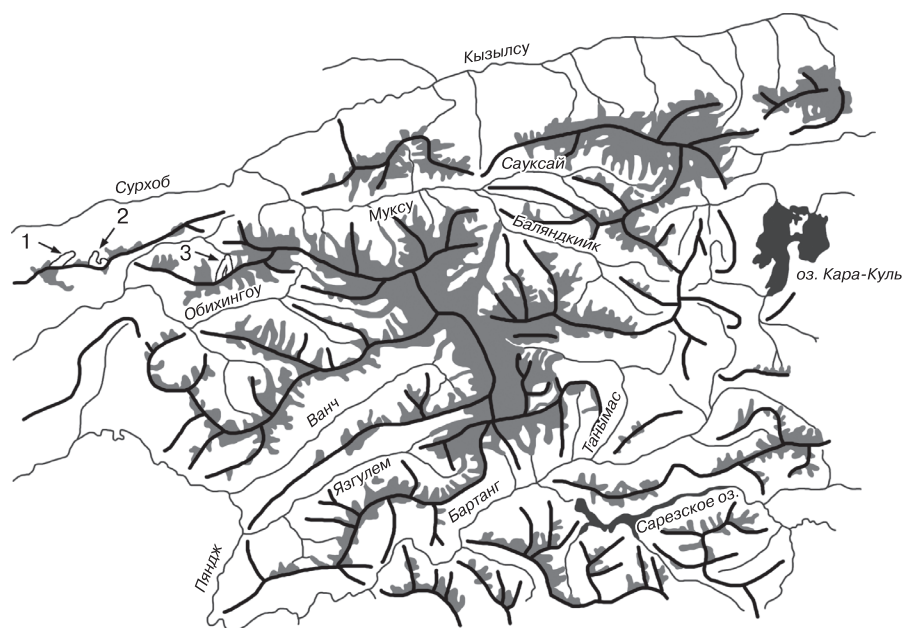


Рис. 1. Схема оледенения Памира и места расположения исследуемых ледников.

1 – ледник Дидаль; 2 – группа ледников № 504–507; 3 – ледники № 85, 88.

Фотографии с МКС сделаны в видимой части спектра, имеют разрешение на местности до 5 м и покрывают временной отрезок в 20 последних лет. Поэтому их удобно использовать для анализа динамики природных объектов. Трансформирование снимков и совмещение их с картографическим материалом осуществлялось в программе Global Mapper. Также в этой программе отмечались контуры ледников и измерялись расстояния между ключевыми точками на поверхности. Погрешность измерения составляет не более 10 м.

В последнее время в открытом доступе появились снимки с ряда зарубежных спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Автор использовал для анализа данные со спутников Landsat (разрешение на местности 15 м), Sentinel-2 (10 м), RapidEye (7 м). К сожалению, открытые данные высокого разрешения показывают ситуацию только начиная с 2016 г., поэтому они были использованы в меньшей степени. Данные снимки обрабатывались в ГИС-программе ArcGIS.

Не все имеющиеся в распоряжении автора снимки отвечали требуемым характеристикам по яркости и контрастности. Для более четкого выделения контуров фронтальной части ледников и морфологии поверхности многие снимки обрабатывались в графической программе IrfanView.

Космические снимки хорошо показывают изменение ситуации, но все же с некоторой дискретностью. Поэтому точные дату и время относительно одномоментных событий не всегда представляется возможным установить. В таких случаях приходится указывать временной период, в начале которого событие еще не наступило, в конце – уже произошло и проявились его последствия.

Были проанализированы также имеющиеся в открытом доступе метеорологические данные и данные по землетрясениям. Однако первые не показали каких-либо существенных изменений по сравнению со среднегодовыми значениями, причем находящиеся в районе исследований метеостанции располагаются на значительном удалении от изучаемых ледников и на совершенно иных гипсометрических уровнях. По вторым данным, в период исследований каких-либо ярких событий в радиусе нескольких сот километров не обнаружено. Поэтому эти данные в статье не используются.

Подвижка ледника Дидаль в 2015–2016 гг.

Ледник Дидаль расположен на северном склоне хр. Петра Первого, относится к группе ледников левого борга долины р. Сурхоб. Это сложноподольный ледник северо-восточной экспозиции, по Каталогу ледников СССР [1971] имеет номер 513. Из ледника вытекает р. Дара.

В.И. Липский [1902] во время своей экспедиции в 1897 г. наблюдал ледник и отметил признаки, которые указывали на недавнюю подвижку (сильная раздробленность поверхности и “страшный снежный обвал”, который можно интерпретировать как аналог событий 1974 г.). Еще одна подвижка произошла, по разным источникам, в 1929 или 1939 г. [Каталог..., 1998]. Хорошо изучена подвижка 1974 г., сопровождавшаяся отрывом части языка и быстрым сходом ее вниз по долине [Роттаев, 1974; Суслов, 1974]. После этой подвижки язык ледника сильно сократился: в 2014 г. ледник имел длину 3350 м, высота его конца над уровнем моря была 3060 м. Учитывая характер предыдущей подвижки и опасность в случае повторения событий для инфраструктуры ниже по долине, автором периодически осуществлялся мониторинг состояния ледника по материалам космической съемки.

До 2015 г. заметных признаков изменений ледника не наблюдалось, он постепенно восстанавливался после событий 1974 г. Язык был покрыт сплошным чехлом моренного материала, его поверхность не превышала уровня боковых морен, местами во льду возникли провалы.

Изменения стали заметны в начале лета 2015 г. В средней части языка уровень льда существенно повысился, появилась характерная граница между активизировавшейся частью ледника и остающейся спокойной омертвевшей самой нижней зоной длиной около 500 м. Местами в активной зоне стали заметны крупные поперечные трещины, однако большая часть поверхности еще была относительно ровной, все так же равномерно покрытой слоем темной поверхностной морены.

К августу фронт активизации приобрел яркие очертания, поверхность раскололась на блоки и стала светлее. К сентябрю фронт активной зоны достиг нижнего контура языка; ледник двинулся вперед. Осенью и зимой происходила активная подвижка, некоторое замедление наблюдалось в феврале–марте 2016 г., в апреле движение снова ускорилось, и к июню фронт подвижки достиг своего предельного положения. Общее расстояние, на которое продвинулся ледник Дидаль вниз по долине, составило 1950 м, а средняя скорость продвижения 7.2 м/сут (рис. 2). Конец ледника замер на высоте 2550 м над уровнем моря.

Таким образом, произошла классическая подвижка. Ничего похожего на отрыв передней части ледника, как было в 1974 г., не зафиксировано.

Учитывая данные о подвижках 1897, 1929 (или 1939), 1974 и 2016 гг., можно определить интервалы между ними; они составляют 32 (42), 45 (35) и 42 года.

Остается открытым вопрос, как часто подвижки ледника Дидаль развиваются по классиче-

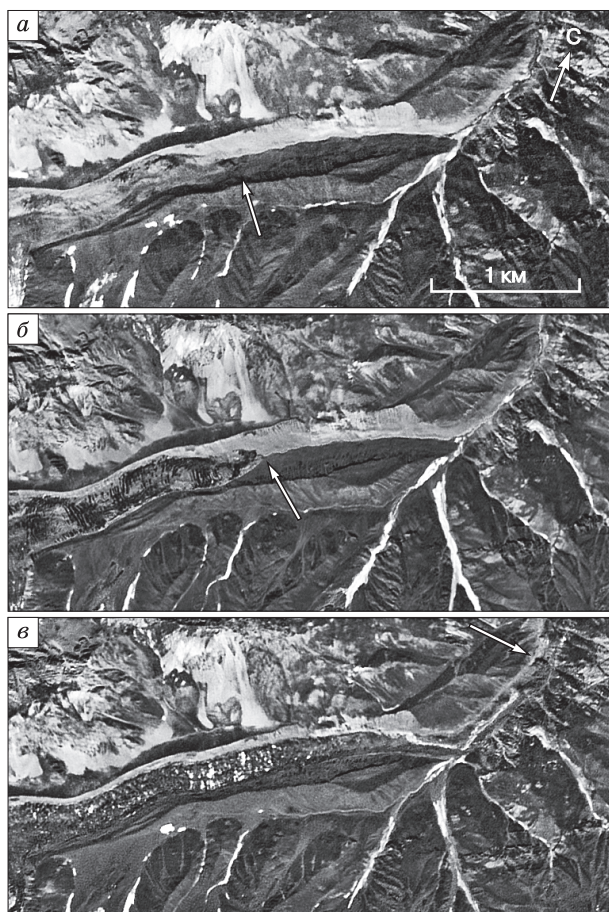


Рис. 2. Этапы подвижки ледника Дидаль. Снимки с борта МКС.

а – август 2014 г.; *б* – август 2015 г.; *в* – июль 2016 г. Стрелками показано положение нижнего конца языка.

скому сценарию 2015–2016 гг. или же по сценарию 1974 г. Согласно общемировой статистике изучения пульсирующих ледников, явление отрыва головной части и быстрый сход ее вниз происходят крайне редко. Однако практически синхронно с описанной выше подвижкой ледника Дидаль в непосредственной близости от него произошли события, очень похожие на явления в долине р. Дара в 1974 г.

Подвижки ледников № 504, 505 и 506 в 2016–2019 гг.

В 8–10 км к востоку от долины р. Дара и ледника Дидаль находится долина р. Восточный Шурак (встречается также название Шурак Капали). Она относится к тому же бассейну р. Сурхоб и располагается на левом борту. В верхней части долины находятся три небольших безымянных ледника, которые в Каталоге ледников обозначены номерами 504, 505 и 506. Площади их 0,3, 0,3 и

0,2 км² соответственно, экспозиции северо-западная, северная и северо-восточная [Каталог..., 1971]. Чуть ниже по долине в нее слева выходит самый крупный ледник данной группы № 507. В литературе есть упоминание о его внутренней подвижке в 1949 г. [Каталог..., 1998]. Про какую-либо пульсационную активность ледников № 504, 505 и 506 до последних лет не было упоминаний ни в одном источнике.

Выше ледника № 507 долина имеет троговый характер. В месте выхода ледника в долину она несколько расширяется, а ниже практически сразу превращается в узкий каньон. Ближе к устью долина вновь расширяется. Впадение р. Восточный Шурак в р. Сурхоб происходит в западной части райцентра Таджикобод.

Ледники № 504 и 506 – долинные, ледник № 505 – карово-висячий. В [Каталог..., 1971] указаны следующие размеры: 1,0 км у ледника № 504, 0,6 км у ледника № 505 и 0,8 км у ледника № 506 (данные по аэрофотоснимкам 1956 г.). Анализ космических снимков показал, что к 2015 г. ледник № 504 удлинился на 450 м, ледник № 505 – на 120 м, а размеры ледника № 506 не изменились.

В начале июня 2016 г. стало заметно, что левая часть языка ледника № 505 длиной 250 м откололась и медленно сползает вниз по склону. За полтора месяца ее фронтальная часть продвинулась на 160 м и на 50 м опустилась по высоте. Во второй половине июля (между 15 и 24 числами, точнее установить не удалось) отколовшаяся масса льда быстро двинулась вниз по долине. Пройдя около 2,5 км, она достигла того места, где долина расширяется напротив выхода слева ледника № 507. Здесь основная доля сошедшего материала расплылась в виде “лапы”. Но небольшая часть оторвалась от основного объема и сползла по каньону реки в виде узкого тела длиной 1220 м, шириной 80–90 м. Расстояние от верхней границы этого тела до остановившейся основной массы сошедшего материала около 450 м.

Нижняя кромка основного сошедшего объема (“лапы”) продвинулась от бывшей нижней точки ледника на 3650 м. Таким образом, общее продвижение вниз по долине составило 5320 м (рис. 3).

Сошедший лед был сильно раздроблен, содержал большое количество каменного материала. Первый месяц после схода на дневную поверхность местами выходил открытый лед, однако всего за один месяц он уплотнился, поверхность выровнялась и покрылась сплошным слоем морены.

Через год, в начале июля 2017 г., подобным же образом произошла подвижка ледника № 504. Однако он крупнее ледника № 505, поэтому и события были масштабнее. Оторвался и сошел вниз практически весь язык длиной 1280 м. В конце мая стало заметно, что поверхность языка повы-

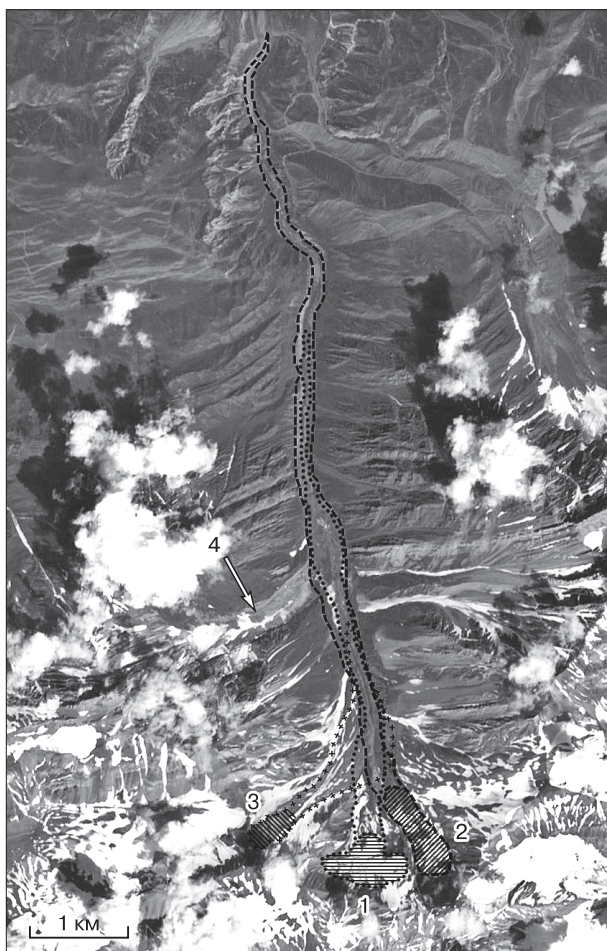


Рис. 3. Границы территории, затронутой подвижками ледников № 504–506. Снимок со спутника Sentinel-2, 2017 г.

1 – ледник № 505 в 2016 г.; 2 – ледник № 504 в 2017 г.; 3 – ледник № 506 в 2019 г.; 4 – ледник № 507. Заштрихованы территории, занятые ледниками до описываемых событий.



Рис. 4. Приустьевая зона р. Восточный Шурак. Снимки со спутника Sentinel-2.

а – июнь 2017 г.; б – август 2017 г.

силась и раздробилась. Верхняя граница зоны пульсации проявилась в виде нескольких мощных трещин, идущих от одного борта до другого, через всю ширину ледника. За месяц произошло значительное перемещение вещества из задней части языка в переднюю, а фронт ледника двинулся вперед и прошел 180 м по длине, потеряв 40 м по высоте. 11 июля пульсация перешла в другую фазу. Лед резко ушел вниз. Следы предыдущего вышеописанного схода ледника № 505 были перекрыты. Образовалась подобная “лапа” в том же расширении долины. Значительная доля льда, как и за год до этого, также прошла через сужение вниз по долине, но в этот раз она продвинулась дальше, причем не оторвавшись от оставшейся выше “лапы”, а вытянувшись единым “языком”.

Каньон р. Восточный Шурак был заполнен льдом почти до краев. Общее продвижение льда вниз по долине составило 7840 м. В зоне контакта сошедшего льда и языка ледника № 507 образовалось небольшое подпрудное озеро площадью около 11 тыс. м², воды которого через месяц нашли канал спуска, и озеро исчезло.

В первые дни после схода материал “лапы” уже был достаточно темным, так как содержал много каменной составляющей. Однако поверхность ушедшего ниже “языка” вначале была очень светлой, что можно интерпретировать так, что состояла она в значительной степени из рыхлого льда. Через месяц она потемнела, поверхность сильно опустилась, лед начал быстро таять и покрывался каменным чехлом.

Если события предыдущего года практически не сказались на хозяйственной деятельности в нижней части долины Восточного Шурака, то в 2017 г. влияние было значительным. Последние 2 км перед впадением в Сурхоб р. Восточный Шурак течет среди полей сельскохозяйственной окраины райцентра Таджикобод. Сошедший в верховьях долины ледово-каменный сель привел к выбросу значительных объемов воды, которые оказали сильное воздействие на берега. Сравнение снимков июня и августа 2017 г., т. е. до и после описываемых событий, показывает, что русло р. Восточный Шурак в приустьевой зоне расширилось более чем вдвое. Смыто оказалось 20.5 га плодородной земли (рис. 4) и несколько построек.

Третий этап описываемых событий состоялся в конце июня 2019 г. На этот раз процесс затронул ледник № 506, но масштаб был значительно скромнее. В период с 24 до 26 июня лед сошел вниз по долине только на 1300 м и ледника № 507 не достиг. Еще ниже прошел сель, однако разрушительных последствий он не имел. К сожалению, из-за экранирования изображения космического снимка облачностью подробно реконструировать это событие не удалось.

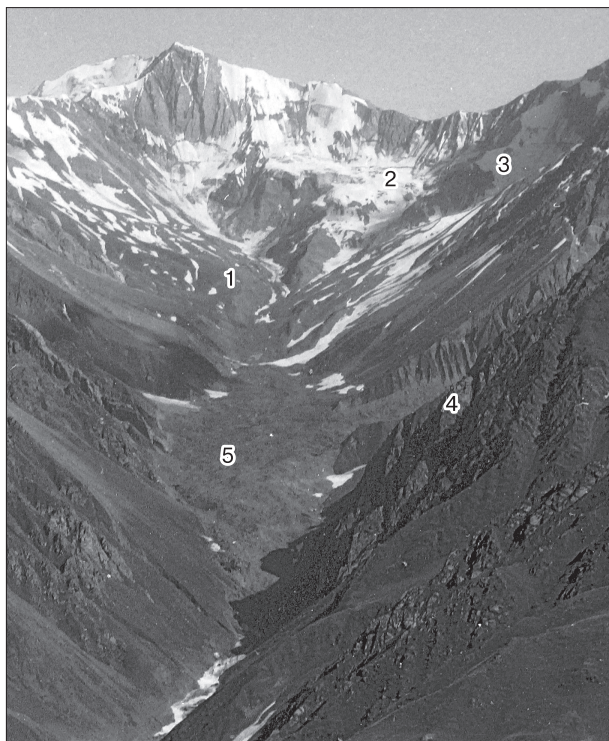


Рис. 5. Верховья долины р. Восточный Шурак в 1976 г.

1 – ледник № 504; 2 – ледник № 505; 3 – ледник № 506; 4 – выход в долину ледника № 507; 5 – сошедший сверху лед. Фото В. Рудакова.

К концу лета 2020 г. вещество сошедшего тремя годами ранее ледника № 504 уплотнилось. Язык, ушедший по речному каньону ниже ледника № 507, сильно деградировал, его нижняя кромка отступила на 1300 м от положения июля 2017 г. Через лед пробили себе путь воды р. Восточный Шурак. Местами своды ее канала обрушились, и река вышла на поверхность. Следует ожидать, что в ближайшие 2–3 года произойдет распад этого единого тела на отдельные части и их скорое исчезновение.

Остается открытым вопрос, являются ли изложенные события для данной долины случайным и уникальным стечением обстоятельств или же они происходят с некоторой периодичностью. В научной литературе описания предыдущих подобных сходов не встречается, что объясняется тем, что систематический мониторинг ледников Памира охватывал преимущественно центральные и восточные области этих гор, где оледенение развито сильнее. Кроме того, получение регулярных снимков высокой четкости до недавнего времени было затруднительно, и исследователь мог просто пропустить следы подобных процессов.

В то же время есть ряд косвенных свидетельств в пользу того, что данное явление не единичное. Например, на космическом снимке 2008 г. четко виден след прохода селевой массы от верховьев долины до ледника № 507 и обхода его справа. Однако следов выноса значительных объемов материала не сохранилось, что может свидетельствовать о том, что масса сошедшего льда была небольшой и уже успела растаять, или о том, что это был не лед, а грязекаменный сель.

Заслуживает внимания снимок, сделанный в июле 1976 г. с вертолета (рис. 5). На нем показаны верховья долины от ледника № 507 (выходит из ущелья справа от наблюдателя) и выше. На том самом месте, где в 2016 и 2017 гг. образовывалась “лапа”, видна большая масса темного материала. Размеры ледников № 504 и 505 меньше, чем были в 2015 г. до начала последних подвижек. Ледник № 506 виден плохо из-за перегиба склона. Лежащий на дне долины объем материала можно интерпретировать как склоновые или селевые отложения, однако нам представляется более обоснованным вывод о том, что это ранее сошедший лед. Судя по тому, что на эти отложения наложены несколько снежников, вынос материала произошел не в 1976 г., а ранее.

Геоморфологические следы гипотетических прошлых событий, если и существовали в верховьях долины, то были уничтожены в 2016–2017 гг. В приустьевой зоне р. Восточный Шурак, на ее левобережье, видны следы старых водотоков (см. рис. 4), однако мы не можем утверждать, что это

остатки селя, аналогичного тому, что прошел в 2017 г. В равной степени они могут быть связаны с вызванными обильными дождями паводками или с постепенным смещением основного русла реки вправо.

Подвижки ледников № 85 и 88 в 2013–2017 гг.

Пространство между двумя ветвями хр. Петра Первого – северной и южной – занято долиной р. Вайзирек, одной из составляющих р. Шаклысу. Эти реки принадлежат к бассейну р. Обихингу. Вайзирек вытекает из большого ледника Петра Первого. Практически сразу (через 1 км от истока) слева перпендикулярно к ней примыкает боковая долина, которая в 2 км выше разветвляется на две части. В них лежат два безымянных ледника, которые в [Каталог..., 1978] обозначены: № 85 (восточный) и № 88 (западный). Еще сравнительно недавно, в конце XIX в., они являлись частью ледника Петра Первого, однако впоследствии отделились от него из-за общего отступления ледников Памира.

Оба ледника долинные и имеют в целом северную экспозицию. Длина ледника № 85 составляет 8,1 км, ледника № 88 – 6,6 км, площади 4,6 и 3,7 км² соответственно [Каталог..., 1978].

Оба ледника относятся к пульсирующим. Ледник № 88 наступал в 1975–1978 гг., не дойдя 480 м до р. Вайзирек [Десинев, 1984]. Подвижка ледника № 85 отмечена в 1990–1992 гг. [Каталог..., 1998]. При этом он достиг р. Вайзирек и противоположного борта ее долины, перекрыв реку своим льдом. Однако подпрудного озера не образовалось, скорее всего потому, что ледник достиг реки уже на этапе завершения своей подвижки, энергия движения иссякла, скорость перемещения была низкой и воды перекрываемой реки смогли проложить себе путь.

С этого времени и до 2013 г. ледники деградировали. Река Вайзирек освободилась от ледовой “крыши” только в 1999 г. К 2013 г. нижняя точка ледника № 85 отстояла от р. Вайзирек на 2050 м, а ледника № 88 – на 2820 м.

В 2012 г. на леднике № 88 появилась волна активизации. В это время она располагалась в 4360 м от р. Вайзирек и в 1540 м от нижней точки ледника. За 2013 г. она дошла до конца ледника, и в декабре он начал наступать. Фронт его стал крутым и ярко выраженным.

Вес 2014 год ледник № 88 продвигался вперед. К августу он достиг места слияния с долиной ледника № 85 и начал напирать на его сильно деградировавший тонкий язык, еще остающийся в этом месте после предыдущей подвижки. В октябре ледник № 88 достиг противоположной правой береговой морены. К этому времени продвижение

составило 1310 м со средней скоростью 12 м/сут. Но после октября скорость снизилась до первых метров в день, ледник прошел вниз по долине еще 370 м, фронтальная часть расплылась в виде “лапы”. К апрелю 2015 г. подвижка закончилась.

Таким образом, самостоятельное продвижение ледника № 88 составило 1680 м, фронт подвижки остановился в 1140 м от р. Вайзирек.

Незадолго до этого стали заметны признаки активизации ледника № 85. В конце осени 2014 г. ясно обозначился фронт активизации, который в это время располагался в 850 м выше контакта деградирующего языка ледника № 85 и наступающего ледника № 88. К сентябрю 2015 г. активная часть достигла зоны контакта, а лед, встретив перед собой “плотину” из пришедшего сюда полугодом ранее ледника № 88, стал накапливаться перед ней в виде вала, расположенного поперек долины. Наконец, в декабре ледник № 85 преодолел сопротивление “плотины”, сдвинул ее с места и стал наступать вниз по долине, двигая перед собой лед ледника № 88.

Важно отметить, что если во время подвижки ледника № 88 его язык имел классический вид для этой стадии – повсеместную трещиноватость и раздробленность на блоки, то после окончания подвижки весной 2015 г. поверхность его языка стала разглаживаться и покрываться моренным материалом – верный признак того, что ледник перешел в стадию восстановления. Поэтому дальнейшее перемещение вниз нижней части ледника (бывшей “лапы”) происходило не из-за его энергии, а из-за энергии движения ледника № 85. То есть активный ледник № 85 перемещал нижний конец уже пассивного соседа (рис. 6).

В течение 2016 г. и первой половины 2017 г. продолжалось движение вперед ледника № 85. Как бульдозер, он двигал перед собой лед ледника № 88, постепенно смещая его к левому борту. К январю 2017 г. они достигли р. Вайзирек, в конце февраля – противоположного борта долины. Река Вайзирек вновь оказалась перекрытой, но подпрудного озера, как и при предыдущей подвижке, не образовалось. Движение конца ледника на этом практически остановилось, но вплоть до августа 2017 г. происходило нагнетание вещества во фронтальную часть и постепенное повышение ее уровня. Ледник достиг того же положения, что и в 1992 г., по окончании предыдущей подвижки. Хотя следует отметить, что в этот раз долина была заполнена не только его льдом. Полоса шириной примерно 100 м по левому борту общей долины и дуга шириной до 150 м во фронтальной части – это материал ледника № 88.

Ледник № 85, если считать только его лед, продвинулся на 1900 м, а если вместе со льдом

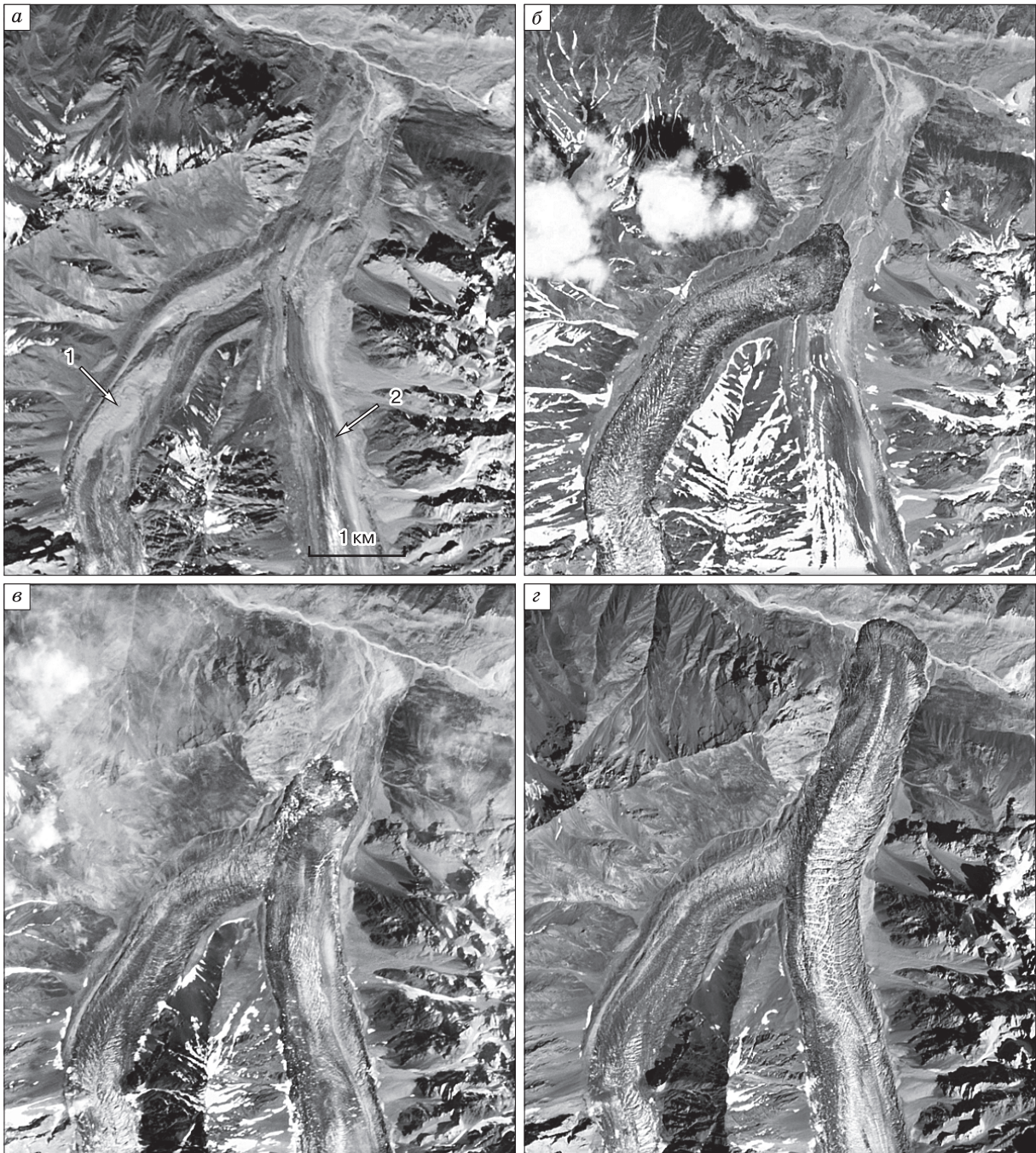


Рис. 6. Этапы подвижки ледников № 85, 88.

а – сентябрь 2013 г.; *б* – июль 2015 г.; *в* – август 2016 г.; *г* – август 2017 г. *а, г* – снимки со спутника RapidEye; *б, в* – снимки с борта МКС. 1 – ледник № 88; 2 – ледник № 85.

ледника № 88 – на 2050 м. Максимальная скорость движения наблюдалась осенью 2016 г. и составляла до 9 м/сут.

Началась деградация ледников. Летом 2019 г. появились первые провалы в ледовой “крыше” над

р. Вайзирек, однако на лето 2020 г. она в целом сохранялась. Очевидно, что река полностью освободится только через несколько лет, а ледники будут постепенно отступать, пока не разделятся в месте слияния их долин.

Таким образом, совместная пульсация ледников № 85 и 88 продолжалась более 5 лет. Период пульсации для ледника № 85 составил 25 лет, для ледника № 88 – 37 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные космического мониторинга показывают, что отрыв части ледника в процессе его пульсации и быстрый ее сход вниз по долине для северного склона хр. Петра Первого не единичен. Учитывая упоминания в литературе о следах подобных явлений в других районах Памира, можно сделать предварительный вывод о значительном распространении такого сценария в данной горной системе. В связи с малым рядом наблюдений пока трудно сделать заключение о комплексе факторов, которые могут привести именно к такому развитию подвижек. Заметим, что все отраженные в статье подобные сходы происходили летом, когда в толще льда, очевидно, повышено содержание свободной воды. Однако является ли это единственным необходимым фактором – вопрос дискуссионный. Могут сыграть свою роль также крутизна склонов хр. Петра Первого и геология подстилающей поверхности.

Отмечены признаки пульсационной активности у трех ледников бассейна р. Сурхоб – № 504, 505 и 506. У ледника № 513 (Дидадь), также принадлежащего к бассейну р. Сурхоб, подвижки зафиксированы уже неоднократно; последняя из них позволяет уточнить его период пульсации как 35–42 года. У двух ледников бассейна р. Обихингоу, № 85 и 88, подвижки отмечены повторно, что дает возможность определить их периоды пульсации: 25 лет у ледника № 85 и 37 лет у ледника № 88.

Поскольку изученные быстрые сходы масс льда могут привести к катастрофическим последствиям и значительному экономическому ущербу, необходимо провести дополнительные исследования по выявлению комплекса факторов, способных вызвать подобное развитие событий. Также необходимо проводить регулярный мониторинг верховий горных долин, чтобы заранее предупредить население. Это тем более актуально, что несмотря на то что связи с погодными факторами не было выявлено, она все-таки может существовать и обнаружиться при более длинном ряде наблюдений. Из-за общего потепления климата на планете на данном локальном участке оно может привести к большому насыщению тела ледника водой летом и, соответственно, к большей вероятности его схода.

Работа выполнена в рамках государственного задания АААА-А19-119022190168-8.

Литература

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М., Ин-т географии РАН, 1997, 392 с.

Десинов Л.В. Над ледниками Памира – по пути экспедиции В.И. Липского // Природа, 1984, № 2, с. 53–65.

Долгушин Л.Д. Пульсирующие ледники / Л.Д. Долгушин, Г.Б. Осипова. Л., Госкомгидромет, 1982, 192 с.

Инструкция по составлению Каталога пульсирующих ледников СССР // Материалы гляциол. исслед., 1982, вып. 44, с. 208–234.

Каталог ледников СССР. Т. 14. Вып. 3. Ч. 6. Бассейн р. Сурхоб между устьями рек Обихингоу и Муксу. Л., Гидрометеоздат, 1971, 92 с.

Каталог ледников СССР. Т. 14. Вып. 3. Ч. 9. Бассейн р. Обихингоу. Л., Гидрометеоздат, 1978, 110 с.

Каталог пульсирующих ледников Памира // Материалы гляциол. исслед., 1998, вып. 85, с. 3–136.

Котляков В.М. Кармадонская катастрофа: что случилось и чего ждать дальше / В.М. Котляков, О.В. Рототаева, Г.А. Носенко и др. М., Издат. дом “Кодекс”, 2014, 184 с.

Липский В.И. Горная Бухара. Результаты трехлетних путешествий в Среднюю Азию в 1896, 1897 и 1899 году. СПб., Изд. РГО, 1902, ч. 2, 120 с.

Рототаев К.П. Наступание ледника Дидадь на Памире // Материалы гляциол. исслед., 1974, вып. 24, с. 188–189.

Рототаев К.П. Динамически нестабильные ледники Центрального Памира // Материалы гляциол. исслед., 1978, вып. 33, с. 201–207.

Суслов В.Ф. О подвижке и обвалах ледника Дидадь в 1974 г. // Материалы гляциол. исслед., 1974, вып. 24, с. 189–191.

Gilbert A., Leinss S., Kargel J. et al. Mechanisms leading to the 2016 giant twin glacier collapses, Aru Range, Tibet // The Cryosphere, 2018, vol. 12, p. 2883–2900.

Goerlich F., Bolch T., Paul F. More dynamic than expected: an updated survey of surging glaciers in the Pamir // Earth Syst. Sci. Data, 2020, vol. 12, p. 3161–3176.

Mölg N., Bolch T., Rastner P. et al. A consistent glacier inventory for Karakoram and Pamir derived from Landsat data: distribution of debris cover and mapping challenges // Earth Syst. Sci. Data, 2018, vol. 10, p. 1807–1827.

References

Atlas snezhno-ledovykh resursov mira [Atlas of Snow and Ice Resources on the Earth]. Moscow, Institute of Geography RAS, 1997, 392 p. (in Russian).

Desinov L.V. Over the Pamir glaciers: the route of V.I. Lipsky's expedition. Priroda [Nature], 1984, No. 2, p. 53–65 (in Russian).

Dolgushin L.D., Osipova G.B. Pulsiruyushchiye ledniki [Surging Glaciers]. Leningrad, Goscomgidromet, 1982, 192 p. (in Russian).

Directions for compiling the inventory of pulsating glaciers of USSR. Materialy glatsiol. issled. [Materials of Glaciological Investigations], 1982, issue 44, p. 208–234 (in Russian).

Katalog Lednikov SSSR [Inventory of USSR Glaciers]. Vol. 14, issue 3, part 6. The Surkhob River basin between the Obikhingou and Muksu river outlets. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1971, 92 p. (in Russian).

Katalog Lednikov SSSR [Inventory of USSR Glaciers]. Vol. 14, issue 3, part 9. Obikhingou River basin. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978, 110 p. (in Russian).

Inventory of pulsating glaciers of Pamir. Materialy glatsiol. issled. [Materials of Glaciological Investigations], 1998, issue 85, p. 3–136 (in Russian).

Kotlyakov V.M., Rototaeva O.V., Nosenko G.A. et al. Karmadonskaya katastrofa: chto sluchilos i chego zhdet dalshe [Karmadon catastrophe: what happened and what we should expect in the future]. Moscow, "Kodeks" Publishing House, 2014, 184 p. (in Russian).

Lipsky V.I. Gornaya Bukhara. Rezul'taty trekhletnikh puteshestviy v Srednyuyu Aziyu v 1896, 1897 i 1899 godu [Upper Bukhara. Results of three years' travels in Central Asia in 1896, 1897 and 1899]. Part 2. St. Petersburg, Izd-vo RGO, 1902, 120 p. (in Russian).

Rototaev K.P. Surging Didal' glacier, Pamir. Materialy glatsiol. issled. [Materials of Glaciological Investigations], 1974, issue 27, p. 188–189 (in Russian).

Rototaev K.P. Dynamically unstable glaciers in the central Pamirs. Materialy glatsiol. issled. [Materials of Glaciological Investigations], 1978, issue 33, p. 201–207 (in Russian).

Suslov V.F. Surges and collapses of Didal' glacier in 1974. Materialy glatsiol. issled. [Materials of Glaciological Investigations], 1974, issue 27, p. 189–191 (in Russian).

Gilbert A., Leinss S., Kargel J. et al. Mechanisms leading to the 2016 giant twin glacier collapses, Aru Range, Tibet. The Cryosphere, 2018, vol. 12, p. 2883–2900.

Goerlich F., Bolch T., Paul F. More dynamic than expected: an updated survey of surging glaciers in the Pamir. Earth Syst. Sci. Data, 2020, vol. 12, p. 3161–3176.

Mölg N., Bolch T., Rastner P. et al. A consistent glacier inventory for Karakoram and Pamir derived from Landsat data: distribution of debris cover and mapping challenges. Earth Syst. Sci. Data, 2018, vol. 10, p. 1807–1827.

*Поступила в редакцию 22 августа 2020 г.,
после доработки – 4 марта 2021 г.,
принята к публикации 24 марта 2021 г.*