

Путешествия, открытия

УДК 551.324

<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-3-415>

Исследования Верхнеангарской группы ледников

© 2019 г. М.Д. Ананичева^{1*}, Г.Ю. Пакин¹, А.Л. Энтин²¹Институт географии РАН, Москва, Россия;²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*Maranan@gmail.com

Studies of the glaciers located on the Verkhneangarsky mountain range

M.D. Ananicheva^{1*}, G.Yu. Pakin¹, A.L. Entin²¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; ²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*Maranan@gmail.com

Received December 11, 2018 / Revised February 23, 2019 / Accepted June 13, 2019

Keywords: *area, climate change, length, mountain glaciers, permafrost, satellite image, Verkhneangarsky mountain range.*

Summary

Glaciers of the Verkhneangarsky mountain range are discovered in 2017–2018 and require detailed investigation and cataloging. This group of glaciers includes glaciers of the corrie and morphological types, and, according to the sizes, they should be qualified as small forms of glaciation. Four glacial formations were found during field studies of 2017–2018 together with several snow patches and stone glaciers; these four glaciers were measured and described. The temperature of ice in the glaciers of this region was measured during the investigations. Data on the ice temperature close to the temperature of the surface permafrost layer explain one of the conditions for existence of glaciers in the temperate zone at altitudes of 1800–2000 m. The dynamics of some glacial formations is analyzed in comparison with their present-day sizes, obtained as a result of interpretation of images from Bing maps and Sentinel-2 services, as well as with images of the CORONA mission (1967). The relative stability of the local glacial formations under climate change is related to the underlying permafrost as well as to the forms of occurrence in the relief, and a degree of closure by the stone cover.

Keywords: *area, climate change, length, Mountain glaciers, permafrost, satellite image, Verkhneangarsky Range.*

Citation: Ananicheva M.D., Pakin G.Yu., Entin A.L. Studies of the glaciers located on the Verkhneangarsky mountain range. *Led i Sneg. Ice and Snow.* 2019. 59 (3): 423–432. [In Russian]. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-3-415>.

Поступила 11 декабря 2018 г. / После доработки 23 февраля 2019 г. / Принята к печати 13 июня 2019 г.

Ключевые слова: *Верхнеангарский хребет, горные ледники, длина, изменения климата, многолетняя мерзлота, площадь, спутниковый снимок.*

В результате полевых исследований в Верхнеангарском хребте обнаружены новые ледники, дано их описание, приведены результаты измерений, обсуждаются причины существования ледников в этом районе. По снимкам миссии CORONA определены размеры некоторых ледниковых образований на 1967 г.

Введение

Известно, что большая часть водно-ледовых ресурсов Земли сосредоточена в полярных покровах Антарктиды и Гренландии, а также в архипелагах Российской и Канадской Арктики. На этом фоне роль континентальных горных ледников менее «глобальна» и потому менее важна, однако это не так: режим и состояние горного оледенения влияет на часть гляциосферы, в пределах которой образуется талый сток. С точки зрения фундаментальной науки горные ледники небольшого

размера крайне чувствительны к колебаниям климата, в первую очередь регионального. Их балансовые показатели — хорошие индикаторы изменений климата в регионе и, что важно, указывают на порог перехода его в другое состояние. Так, определённая комбинация климатических параметров может способствовать либо стаиванию ледников, либо началу их роста. Кроме климата, на состояние небольших ледников в ледниковой системе влияет их положение в рельефе, локализация на склоне хребта, ориентация самих хребтов. Ледники на Верхнеангарском хребте обнаружены недав-

но в результате экспедиционных исследований и требуют всестороннего изучения и каталогизации.

Понятие «*малые формы оледенения*» в терминологию ввёл М.В. Тронов в 1954 г. К ним относятся: непосредственно ледники, многолетние снежники с ледяным ядром и перелетывающие снежники. Согласно [1], снежно-ледовые образования составляют единый ряд: сезонные снежники, снежники-перелетки, фирновые ледники, малые ледники. Фирновый ледник – промежуточная фаза между снежником и малым ледником. Определение, которое генетически обобщает ледниковые формы, может быть таким: *многолетние массивы льда, сформировавшиеся преимущественно путём рекристаллизации отложенных твёрдых атмосферных осадков.*

В 1930-х годах во время Второго международного полярного года появились сведения о навесных ледниках на арктических островах и в Субарктике (Земля Франса Иосифа, Полярный Урал и др.). Малые формы были названы «эмбриональным» оледенением (термин П.А. Шумского [2]) (это не связано с молодым возрастом). Они распространены на Южном острове Новой Земли, Приполярном и Полярном Урале, в горах Чукотки. Этим термином

можно обозначить совокупность свойств «малых форм» оледенения: небольшие размеры, наличие фирна, слабое разделение областей аккумуляции и абляции и пр. В Прибайкалье недавнее оледенение оставило многочисленные следы на Байкальском и Баргузинском хребтах [3]. Это – простые и многокамерные кары на склонах хребтов, системы троговых долин и пояса моренных валов. В результате собственных исследований было установлено наличие на Верхнеангарском хребте небольших ледников. Задачи настоящей работы – описание новой группы ледников Верхнеангарского хребта, оценка их динамики и попытка объяснить их существование ниже снеговой линии в неблагоприятных климатических условиях.

Район исследований, рельеф, климат

Район относится к Дальневосточному федеральному округу, Республика Бурятия. Ледники и другие криосферные объекты расположены в Северо-Байкальском нагорье, на Верхнеангарском хребте (рис. 1). Рельеф района представляет



Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых объектов.

На врезке: фрагмент листа карты 200k-039-33, масштаб 1:200 000, издание 1986 г., состояние местности на 1982 г. Сплошной чёрной линией обозначены Верхнеангарский хребет и его северо-западный отрог. Ледники: 1 – Огдында-Маскит; 2 – Юрьева; 3 – Горбатенький; 4 – Кичера

Fig. 1. Map of the location of the objects under study. On the side bar: a fragment of the map 200k-039-33, scale 1:200 000, 1986, the state of the area – in 1982. The Verkhneangarsky Range and its NW spur are marked with a solid black line. The numbers mean: 1 – Ogdynda-Maskit Glacier; 2 – Yuriev Glacier; 3 – Gorbatenky Glacier; 4 – Kichera Glacier

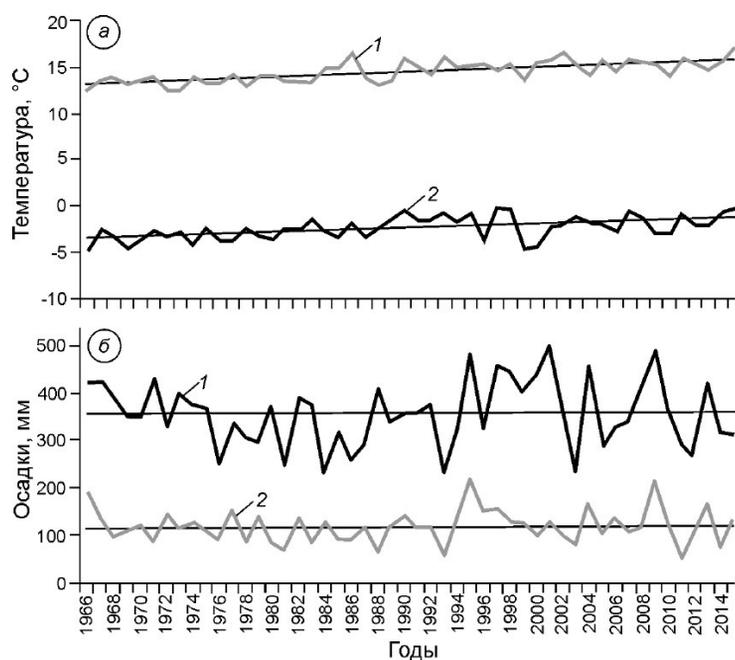


Рис. 2. Данные по ГМС Нижнеангарск с 1966 г.: *a* – изменения температуры, °С: 1 – средней летней; 2 – средней годовой; *b* – изменение количества осадков, мм: 1 – общий; 2 – холодного периода

Fig. 2. Data of Nizhneangarsk weather station since 1966

a – change of temperature: 1 – mean summer annual; 2 – mean annual; *b* – change of precipitation, mm: 1 – total, 2 – cold period

собой среднегорье альпинотипного типа, сильно расчленённое и трудно проходимое, высота вершин – 2200–2400 м, перевалов – 1800–2200 м, повсеместно распространена многолетняя мерзлота. Для центральной части Верхнеангарского хребта и его северных отрогов характерен ледниковый рельеф. *Климат* в районе Верхнеангарской котловины – резко континентальный, количество осадков достигает 500 мм/год. В гольцовой зоне климат можно отнести к субарктическому, количество осадков здесь возрастает до 1200–1500 мм/год. Осадки выпадают преимущественно в виде снега. Толщина снежного покрова у границы леса в долинах р. Холодная и Кичера достигает 180 см. Летний период длится 1,5–2 месяца [4]. По данным близлежащей ГМС Нижнеангарск, средняя годовая температура за 1966–2017 г. составила $-2,3^{\circ}\text{C}$, средняя летняя – $14,6^{\circ}\text{C}$, сумма годовых осадков за это же время – 353 мм, из них за холодный период (с октября по апрель) – 120 мм. Влияние воздушных масс прослеживается с запада на восток: это осадки, поступающие с западным переносом с Атлантического и Северного Ледовитого океанов со стороны Байкальской котловины.

Об изменениях климата в этом районе можно судить по картам трендов температуры и осадков, представленных в работе [5]. ГМС Нижнеангарск ($55,8^{\circ}$ с.ш. и $109,6^{\circ}$ в.д., 475 м над ур. моря) показывает небольшой тренд как годовой, так и средней летней температуры, а осадки стабильны (рис. 2).

В горах же температуры и осадки по абсолютным значениям несколько иные, но картина тенденций, скорее всего, такая же. Длительная тенденция к увеличению температур и отсутствие роста осадков ведут к сокращению ледников или их стагнации с постепенным уменьшением мощности ледника.

Ледники Верхнеангарской ледниковой группы

Верхнеангарская ледниковая группа объединяет ледниковые образования, которые по морфологическому типу относятся к карам – малым формам оледенения. Такие ледники находятся в цирках северной и северо-восточной экспозиции и могут быть «остатками» последнего оледенения. Под остатками [6] имеется в виду не лёд карового ледника, который полностью обновляется за 200–600 лет, а весь ледниковый комплекс, лежащий на многолетнемёрзлом грунте часто под чехлом из снега и фирна. Пример – ледник *Огдында-Маскит*. Это ледниковое образование достаточно стабильно, но в результате изменений климата медленно деградирует. Оно имеет длительную историю развития. По положению морен видно, что раньше ледники имели другой морфологический тип, вероятно карово-долинный, и были распространены далеко от современных границ (древние морены и экзарационные озёра прослеживаются на 5–6 км вниз по долине, имеющей профиль трога).

Сейчас ледник имеет небольшие размеры, округлую в плане форму и заполняет преимущественно затенённую часть дна и нижнюю часть стен кара. В описываемом леднике имеются признаки движения льда: наличие на поверхности отчётливо видимых разрывных нарушений в виде поперечных и радиальных трещин в местах перегиба продольного профиля (подгорных трещин в верхней части в виде бергшруднов шириной 1,5 м). Боковые части ледника сопряжены с каменными глетчерами. Имеются «свежие» конечные морены перед фронтом ледника, которые содержат захоронённый лёд. Язык ледника не покрыт мореной и оканчивается крутым (до 35°) скатом.

К эмбриональным ледникам, способным возникать, расти и развиваться, относятся каровые ледники *Горбатенький, Кичера и Юрвева*. Они расположены в цирках боковых долин второго порядка, открытых на восток, и занимают ложе ледников предыдущей стадии оледенения. Их контуры всегда следуют границам вмещающих морфоструктур. Форма в плане – вытянутая, способ питания – навейно-лавинный. Ледяное ядро ограничено боковыми моренами. За конечной мореной существующего ледника всегда располагается более древнее подпрудное озеро. Ледники подвижны, о чём свидетельствуют подгорные трещины (бергшрудны и продольные краевые трещины достигают длины сотен метров), а также переносимые ими валуны, которые отлагаются в районе конечных морен. Такие эмбриональные ледники активно реагируют на перемены в количестве твёрдых осадков, изменением длины и мощности.

Основные способы питания в холодное время – лавинный и метелевый перенос. В короткий летний период, когда температура воздуха становится положительной, преобладает конжеляционный способ питания за счёт замерзания просачивающихся с поверхностного фирнового покрова талых вод. Этому способствует отрицательная температура многолетнемерзлых подстилающих пород при отсутствии под ледником деятельного слоя. Таким образом, питание ледников происходит круглый год, компенсируя летнюю абляцию, что обеспечивает их существование на высоте ниже 2000 м. Талые воды не проникают под ледник, а сбегает по его поверхности, образуя фирновые болота и каналы. Мощность ледяного ядра составляет около 10 м, а площадь не превышает 0,1 км², что соответствует типу малых форм оледенения.

При возникновении малого ледника на ледниковом рельефе более ранней стадии (в древних карах верхнего яруса долин подветренного склона хребта) формируется новый морфологический комплекс, характеризующийся динамичностью. Этим, в том числе, он отличается от эмбриональных ледников Полярного Урала [7] и плато Путорана [8], которые также возникли на пути переноса осадков с Атлантики и Северного Ледовитого океана в континентальную Субарктику на подветренных склонах хребтов и у их подножия. Характерные для Субарктики присклоновые и висячие ледники на Верхнеангарском хребте не обнаружены, они отсутствуют из-за сочетания факторов рельефа и климата. К особенностям рельефа относятся: высокая плотность отрогов среднегорья с очень крутыми склонами, а также отсутствие обширных горизонтальных плато и пологих подветренных склонов, пригодных для снегонакопления. В числе климатических факторов: резко континентальный тип климата умеренного пояса, высокие летние температуры воздуха, которые приводят к появлению слоя таяния (в том числе радиационного) толщиной в несколько метров на дне широких троговых долин. Ледники малых форм на открытых склонах, лежащие на высоте до 2000 м, находясь ниже снеговой линии, высота которой не пересекается с вершинами гор, не могут сохраняться только за счёт собственных запасов холода в тёплое время года без подпитки многолетнемерзлых подстилающих пород. Для их возникновения и поддержания необходимы затенённые узкие долины верхнего яруса с ледниковыми карами на подветренных склонах хребта, открытые на восток, со своим более холодным микроклиматом.

Сезонные снежники, благодаря значительному метелевому переносу вдоль отрогов хребта с севера на юг, даже в июле имеют высоту до 15 м в вершине левого притока р. Огдында-Маскит и до 12 м в долине правого притока ручья Подкаменного. Орографическая снеговая граница здесь проходит на высоте 1700 м, это на 200 м ниже, чем в соседних долинах, расположенных в 5–10 км дальше на восток в глубь горного массива.

Современное оледенение Верхнеангарского хребта представлено несколькими формами.

1. *Каровые ледники*. К ним относится ледник *Огдында-Маскит*, заполняющий цирк левого притока р. Огдында-Маскит, открытый на север (таблица). Он расположен в Становом нагорье, в северо-за-

Верхнеангарская ледниковая группа (обследованные ледниковые образования, данные 2018 г.)

Название ледника*	Координаты центра ледника	Бассейн реки, ручья	Длина ледника, км, общая/открытая часть	Площадь**, км ² , общая/открытая часть	Отметки, м, верхняя/нижняя точки	Азимут кара, экспозиция ледника
Огдында-Маскит	56°13'23"с.ш. 110°53'51"в.д.	Р. Огдында-Маскит	0,670/0,670	0,198/0,082	2150/1900	0°, север
Юрьева	56°14'35"с.ш. 110°52'56"в.д.	Левый приток р. Огдында-Маскит	0,500/0,500	0,051/0,051	2050/1890	45°, восток
Горбатенький	56°10'36"с.ш. 110°54'01"в.д.	Правый руч. Подкаменный	0,250/0,250	0,023/0,023	1950/1840	45°, восток
Кичера	56°10'26"с.ш. 110°51'40"в.д.	Исток левого притока р. Кичера	0,360/0,330	0,101/0,090	2050/1940	45°, северо-восток

*Все ледники относятся к каровому типу. **Общая площадь оледенения – 0,373 км².

падном отроге центральной части Верхнеангарского хребта, находится в вершине левого притока р. Огдында-Маскит (р. Огдында-Маскит – р. Левая Мама – р. Мама – р. Витим – р. Лена) (рис. 3). Это ледник холодного типа площадью 0,198 км². Мощность льда открытой части ледника по визуальной оценке достигает 35 м. Обнаружено его продолжение в виде вторичного ледяного языка небольшой мощности протяжённостью 150 м, скрытого под русловым снежником. *Ледник Кичера* (рис. 4) – также каровый, расположен в Становом нагорье, в центральной части Верхнеангарского хребта, в левом истоке р. Кичера (р. Кичера – оз. Байкал). Занимает часть северо-восточного кара около отметки 2200 м над ур. моря. Нижняя часть ледника забронирована каменным чехлом. Выраженная конечная морена, сливаясь с боковыми, образует вал полукруглой формы.

2. *Эмбриональные ледники*, лежащие в древних карах, – это каровые ледники протяжённостью до 0,5 км в долинах второго порядка, открытых на восток. К ним относятся два ледника: Юрьева и Горбатенький, открытые в 2018 г. на восточном склоне Верхнеангарского хребта и его северо-западном отроге. *Ледник Юрьева* (рис. 5) расположен в Становом нагорье, в северо-западном отроге центральной части Верхнеангарского хребта, в бассейне левого притока р. Огдында-Маскит (р. Огдында-Маскит – р. Левая Мама – р. Мама – р. Витим – р. Лена), занимает дно кара в вершине висячей долины второго порядка к востоку от отметки 2280 м над ур. моря под перевалом Юрьева (2160 м). *Ледник Горбатенький* также находится в Становом нагорье, в центральной части Верхнеангарского хребта, на его восточном склоне в бассейне правого при-

тока руч. Подкаменный (ручей Подкаменный – р. Верхняя Ангара – оз. Байкал), в боковой долине второго порядка к юго-востоку от отметки 2279 м над ур. моря. Почти вся поверхность ледника в июле покрыта слоем сезонного снега и фирна толщиной от 0,3 м в центральной части до 0,8 м и более на периферии, прорезанным руслами талых вод, образующих на поверхности фирновые болота. Стока под ледяным ядром нет. Вблизи конечной морены на протяжении нескольких метров обнажается слоистый лёд краевой наледи мощностью 1–2 м. За мореной продолжается русловый снежник, заканчивающийся у подпрудного озера, образовавшегося у конечной морены прежней стадии и закрывающей выход из долины (рис. 6, см. таблицу и следующий раздел). Наличие ранее предполагаемого ледника, о котором говорится в работе [4], под перевалом Сюрприз у отметки 2460 м в ходе обследования местности не подтвердилось.

Определение параметров современных ледников и их динамика

Современные контуры ледников определены по мозаике спутниковых снимков сверхвысокого пространственного разрешения (менее 1 м), предоставляемой сервисом Bing Maps. Снимки, лежащие в основе этой мозаики, сделаны 31 июля 2013 г. В качестве дополнительного источника информации о положении ледников использован более современный снимок – Sentinel-2B (разрешение 10 м) от 11 августа 2018 г. Распознавание ледников выполняли визуально на основе изображений в естественных цветах и в псевдоцветах

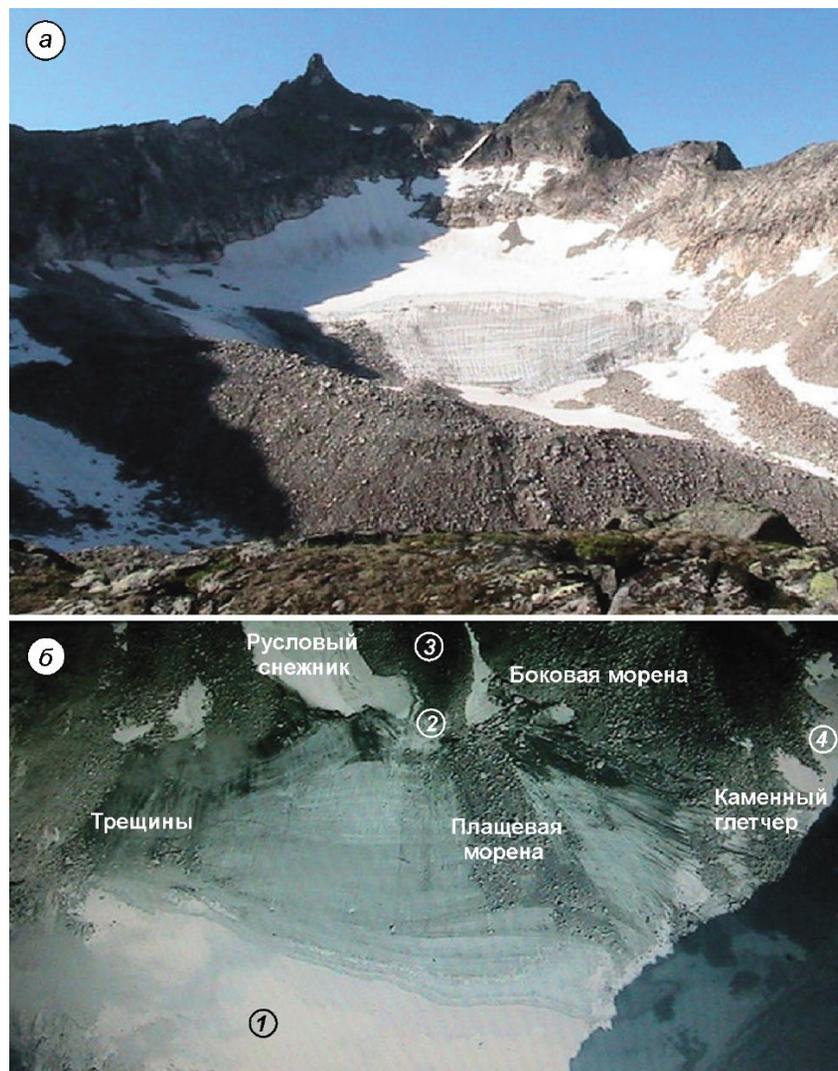


Рис. 3. Каровый ледник Огдында-Маскит:

а – фото Г.Ю. Пакина 16 июля 2018 г.;
б – спутниковый снимок ледника Огдында-Маскит (источник – ресурс Bing Maps). Цифрами обозначены точки замера температуры: 1 – бергшруд; 2 – нижний край ледникового языка; 3 – шурф конечной морены, где измерялась температура; 4 – многолетний снежник

Fig. 3. Ogdinda-Maskit Glacier, corrie by morphological type:

a – photo by G.Yu. Pakin, July 16, 2018;
b – satellite image of the Ogdinda-Maskit Glacier (source – Bing Maps resource). The numbers indicate the temperature measurement points: 1 – bergshrund; 2 – lower edge of the glacial tongue; 3 – a terminal moraine pit where temperature was measured; 4 – perennial snow patch

(для снимка Sentinel-2B). Предпринята также попытка определить контуры ледников на середину XX в. Снимок, отражающий состояние ледников в это время, получен с помощью космического аппарата миссии CORONA 21 августа 1967 г. Изображение снималось в оптическом диапазоне спектра панорамной камерой, наклонённой под углом 30°, на плёнку формата 70 мм × 29,8 дюйма.

В настоящее время изображения, полученные в ходе миссий CORONA, распространяются в электронном виде. Для этого плёнка сканируется в высоком разрешении и предоставляется заказчику в виде четырёх фрагментов в формате TIFF. В нашем случае территория исследования занимает небольшую часть снимка, поэтому для дешифрирования изображение кадрировали и привязывали вручную по опорным точкам с использованием метода резинового листа.

Изображения одноканальные, чёрно-белые, их пространственное разрешение может достигать 2–3 м. Однако из-за зашумлённости использовать отдельные пиксели в качестве операционных единиц не удаётся; точность определения контуров по снимку CORONA уступает результату распознавания по материалам сверхвысокого разрешения и сопоставима с результатом распознавания объектов на снимке Sentinel-2B.

Высоты окончания ледниковых языков и границ фирнового бассейна определялись с помощью глобальной модели рельефа ASTER GDEM2 от октября 2011 г., а также топокарты O-49-138-B (Госгисцентр, масштаб 1:50 000, 1989 г.). На этот район мы нашли только снимок, на котором из-за облачности видны лишь несколько ледниковых объектов, но это лучше, что предоставляет Геологическая служба США в открытом доступе.



Рис. 4. Спутниковый снимок ледника Кичера. Источник – ресурс Bing Maps.

Пунктиром обозначен вал конечной морены

Fig. 4. Satellite image of the Kichera Glacier. Source – Bing Maps resource. The dotted line indicates the shaft of the terminal moraine

Общая площадь ледника *Огдында-Маскит* по снимку CORONA – 0,218, км², его современная площадь по снимку Bing/Sentinel-2B соответственно общей/открытой части – 0,198/0,082 км². Данные для ледника *Юрьева*: по снимку CORONA – общая площадь – 0,1 км², современная – 0,051 км². Как видим, изменение площади ледника *Огдында-Маскит* за 50 лет незначительно – около 10%, а ледника *Юрьева* – 50%, он почти не имеет поверхностного моренного чехла, что привело к его значительному стаиванию. *Снежник* (снежник это или ледник можно узнать, лишь проверив на местности) уменьшился ещё больше – на 52,8%. Этот объект, судя по снимкам, не забронирован каменным чехлом и более чувствителен к изменениям соотношения температуры и осадков.

Определение площади фирнового бассейна у ледников, лежащих ниже снеговой линии, даёт большую погрешность, достигающую 50% из-за неравномерного сокращения границ сезонных снежников в разные годы. Авторы статьи считают, что более информативным для таких ледников будет измерение размеров ледяного ядра, ограниченно хорошо заметными на снежной поверхности подгорными трещинами у стен вмещающего кара. Измерение проводится на местности при помощи лазерного дальномера. Длину можно оценить, например, измерением от верхнего бергшрунда, отличающегося относительным многолетним постоянством, до нижней кромки ледникового языка.

У описанных малых форм она отступает от конечной морены на расстояние от 20 до 50 м. Для оценки мощности ледяного ядра необходима радарная съёмка или бурение, которые пока не выполнены.

Температурные измерения на ледниках изучаемого района

С помощью термометров, представляющих собой металлический термодатчик в защитном пластмассовом корпусе, который откалиброван с точностью до 0,5 °С, в течение суток были выполнены измерения температуры на леднике *Огдында-Маскит* и прилегающем снежнике. С вечера один прибор на верёвке спускали в бергшрунд на глубину 4 м (точка 1, см. рис. 3), а второй помещали в ледяной шурф в конечной части ледникового языка на глубину 0,5 м (точка 2). Показания снимали в 5.00 утра до восхода солнца. При температуре воздуха на поверхности ледника +1 °С (шло снеготаяние) температура снега в бергшрунде и льда на дне шурфа в конечной части ледникового языка составляла –3 °С. Такую же температуру (–3 °С) показал датчик, помещённый в закопашку глубиной 0,3 м на грунт в донной морене у конца ледника (точка 3). Контрольные измерения, выполненные в это же время на многолетнем снежнике мощностью 3 м, показали температуру –1 °С в фирновой трещине на глуби-



Рис. 5. Ледник Юрьева.

a – спутниковый снимок, источник – ресурс Bing Maps; *б* – фото Г.Ю. Пакина 12 июля 2018 г., на котором видны: лёд в области абляции (1), обнаженный «старый» многолетний фирн (2), сохранившийся сезонный снег (3)

Fig. 5. Yuriyev Glacier.

a – satellite image, source – Bing Maps; *b* – photo of G.Yu. Pakin, July 12, 2018, on which are visible: ice in the ablation area (1), naked «old» long-term firn (2), preserved seasonal snow (3)

не 1 м и 0 °С под снежником на каменном грунте. Талые воды, стекающие под снежником, создают в тёплое время года деятельный слой мощностью несколько десятков сантиметров, изолирующий снежник от мёрзлого грунта. Снежник в тёплый период года существует только за счёт собственных накопленных запасов холода и имеет более высокую температуру по сравнению с ледником.

Обсуждение

Температура льда, близкая к температуре поверхностного слоя мёрзлого грунта, объясняет одно из условий существования ледников в зоне умеренного пояса на высотах всего 1800–2000 м, а также их устойчивость к изменениям климата. Возникновение «эмбриональных» ледников в древних карах и их потенциально возможный рост при резком уве-

личении количества осадков в данном районе также связаны с подстилающей мерзлотой. Все ледники Верхнеангарского хребта относятся к району, где в периоды плейстоценовых оледенений находился самый крупный Верхне-Кичерский (Кичеро-Асиктинский) центр развития и распространения ледников в верховьях рек Кичера, Левая Мама, Асикта и ручья Подкаменный. Развитию интенсивного оледенения в верховьях Кичеры способствовали не только максимальные высоты хребтов, но и благоприятные условия проникновения влажных воздушных масс в глубь горного массива по долине р. Кичера со стороны Байкальской впадины и по долинам рек Нюсидёк и Чая со стороны Байкало-Патомского нагорья. Здесь долины, ориентированные на юго- и северо-запад, служили подводящими путями воздушных масс западного переноса [3].

Их влияние в настоящее время чётко прослеживается в долинах ручья Подкаменный и р. Огдын-



Рис. 6. Ледник Горбатенький. Фото Г.Ю. Пакина 7 июля 2018 г.

Видны: каналы стока талых вод на поверхности ледяного ядра, краевая трещина, конечная и боковая морены (1, 2), а также подпрудное озеро (3)

Fig. 6. Gorbatenky Glacier. Photo of G.Yu. Pakin, July 7, 2018 on which channels of meltwater flow on the surface of the ice core, marginal crevasse, terminal and lateral moraines (1, 2), as far as dam lake (3) are visible

да-Маскит, расположенных на восточном подветренном склоне Верхнеангарского хребта, который играет роль барьера. (Один из авторов этой статьи Г.Ю. Пакин, находясь 11 июля 2017 г. возле ледника Огдында-Маскит, с 7.00 до 14.00 наблюдал прохождение атмосферного фронта с большим количеством осадков, частично выпавших в твёрдом виде и пришедших с юго-западного направления по долине р. Кичеры со стороны Северо-Байкальской котловины). Можно проследить сходство с ледниками Ламских гор плато Путорана, также расположенных в пределах влияния влажных западных воздушных потоков, поступающих по долине р. Курейка и оз. Лама [8]. На Верхнеангарском хребте в той части, где существуют ледники (напротив долины р. Кичера с подветренной стороны), также увеличивается число снежников и их размеры, снеговая граница проходит на 200 м ниже, чем в долинах рек Асикта и Огдында, расположенных в 5–10 км дальше на восток. Даже в июле мощность снежных надувов на высоте 1800–1900 м составляет 12–15 м.

При движении дальше на север, по долине левого притока р. Огдында-Маскит, воздушный перенос по долине р. Кичера экранируется её правым бортом и массивом с отметкой 2460 м. В восточных долинах количество и размеры снежников дальше к северу резко уменьшаются, а снеговая граница поднимается до высоты 2000 м. Это соответствует наблюдениям туристов-лыжников зимой, отмечающих место слияния р. Левая Мама и Огдында-Маскит как одно из самых малоснежных на Северо-

Байкальском нагорье. В марте толщина снежного покрова здесь составляет всего 10–30 см, а в отдельные годы снега может не быть совсем [9, 10].

Выводы

По результатам исследований 2017–2018 гг. установлено, что Верхнеангарская ледниковая группа представлена каровыми ледниками и малыми формами оледенения. Отмечаются также многолетние снежники с ледяной подложкой, занимающие дно древних каров и висячих долин, и мерзлотные каменные глетчеры. Существование ледников на высотах 1800–2000 м значительно ниже снеговой линии обеспечивают, помимо форм ледникового рельефа, многолетнемёрзлый грунт и достаточное количество твёрдых осадков; преобладают метелевый и лавинный типы питания. Климат (изменения температур и осадков за вторую половину XX и начала XXI вв.) не способствует сохранению ледников. Важную роль в сохранении ледниковых образований играет степень бронированности каменным чехлом и длительность присутствия сезонного снега на поверхности ледника. Исследование связи ледника Огдында-Маскит с последним оледенением и движения льда в каровых ледниках малых форм требуют дальнейших углублённых исследований. Традиционные способы определения площади фирнового бассейна по космо- и аэрофотоснимкам у холодных ледников,

лежащих ниже снеговой линии, дают значительную погрешность, обусловленную неравномерным таянием сезонных снежников в разные годы, что не позволяет судить о многолетней динамике ледников. В дополнение к дистанционным методам необходимо на местности определять размеры и мощность ледяного ядра.

Литература

1. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Ледники. М.: Мысль, 1998. 448 с. <http://www.webgeo.ru/index.php?r=50&page=1&id=5747>.
2. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 492 с.
3. Базаров Д.-Д.Б., Будаев Р.Ц., Дергаусова М.И., Ихметхенов А.Б., Резанов И.Н., Резанова В.П., Савинова В.В. / Отв. ред. А.Г. Золотарев. Геоморфология Северного Прибайкалья и Станового нагорья. М.: Наука, 1981. 198 с.
4. Беркин Н.С., Макаров А.А., Русинек О.Т. Байкаловедение. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2009. 292 с.
5. Ананичева М.Д., Пакин Г.Ю., Кононов Ю.М. Байкальская ледниковая система, новые находки // Лёд и Снег. 2019. Т. 59. № 1. С. 135–144. doi: 10.15356/2076-6734-2019-1135-144.
6. Сарана В.А. Малые ледники Российского сектора Арктики и Субарктики // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2012. № 2. С. 82–87.
7. Иванов М.Н. Эволюция оледенения Полярного Урала в позднем голоцене. М.: Изд-во МГУ, 2013. 201 с.
8. Сарана В.А. Ледники плато Путорана // МГИ. 2005. Вып. 99. С. 200–214.
9. Лыжные маршруты Южной и Северо-Восточной Сибири / Сост. М.Ю. Васильев. М.: Библиотека самодеятельного туриста, 1994. 252 с.
10. Сборник материалов наблюдений над снежным покровом и осадками в горах (1976–1980 гг.) / Под ред. Е.Г. Кара. Иркутск: Главное управление Гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Иркут. упр. Гидрометеослужбы, Иркутская гидромет. обсерватория им. А.В. Вознесенского, 1981. 78 с.

Благодарности. Работа сделана при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00822 (обработка полевых материалов).

Acknowledgements. This work was done with support of the RFBR grant № 19-05-0082 (processing of field materials).

References

1. Dolgushin L.D., Osipova G.B. *Ledniki*. Glaciers. Moscow: Mysl, 1998: 448 p. [In Russian]. <http://www.webgeo.ru/index.php?r=50&page=1&id=5747>.
2. Shumsky P.A. *Osnovy strukturnogo ledovedeniya*. Fundamentals of Structural Ice Science. M: USSR Academy of Sciences, 1955: 492 p. [In Russian].
3. Bazarov D.B., Budaev R.Ts., Dergausova M.I., Ikhetkhenov A.B., Rezanov I.N., Rezanova V.P., Savinova V.V. *Geomorfologiya Severnogo Pribaykaliya i Stanovogo nagoriya*. Geomorphology of the North Pribakaliye and Stanovoye Highland. Ed. A.G. Zolotarev. Moscow: Nauka, 1981: 198 p. [In Russian].
4. Berkin N.S., Makarov A.A., Rusinek O.T. *Baykalovedeniye. Uchebnoye posobiye*. Baikal studies – textbook. Irkutsk: Irkutsk State University, 2009: 292 p. [In Russian].
5. Ananicheva M.D., Pakin G.Yu., Kononov Yu.M. Baikal glacial system, new findings. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2019, 59 (1): 135–144. doi: 10.15356/2076-6734-2019-1135-144. [In Russian].
6. Sarana V.A. Small glaciers in the Russian sector of the Arctic and Subarctic. *Vestnik. Moskovskogo universiteta. Ser. 5 Geografiya*. Bulletin of the Moscow University, Geography. 2012, 2: 82–87. [In Russian].
7. Ivanov M.N. *Evolyutsiya oledeneniya Polyarnogo Urala v pozdnem golotsene*. Evolution of the glaciation of the Polar Urals in the Late Holocene. M.: Moscow State University, 2013: 201 p. [In Russian].
8. Sarana V.A. Glaciers of the Putoran Plateau. *Materialy glytsiologicheskikh issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 2005, 99: 200–214. [In Russian].
9. *Lyzhnyye marshruty Yuzhnoy i Severo-Vostochnoy Sibiri*. Ski routes of the South and North-Eastern Siberia. M.: Amateur tourist library, 1994: 252 p. [In Russian].
10. *Sbornik materialov nablyudeniya nad snezhnym pokrovom i osadkami v gorakh*. Collection of observations of snow cover and precipitation in the mountains. (1976–1980) Irkutsk Hydromet Service, A.V. Voznesensky Irkutsk Hydrometeorological Observatory, 1981: 78 p. [In Russian].

Подписано в печать 12.09.2019 г. Дата выхода в свет 30.09.2019 г. Формат 60 × 88^{1/8} Цифровая печать
Усл.печ.л. 18.0 Уч.-изд.л. 18.0 Бум.л. 9.0 Тираж 80 экз. Договорная цена Заказ 2508

Учредители: Российская академия наук, Русское географическое общество

Воспроизведено по заказу Русского географического общества
в ООО «ИКЦ «АКАДЕМКНИГА», 109028 Москва, Подкопаевский пер., 5, мезонин 1, к. 2
Оригинал-макет подготовлен в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Институт географии Российской академии наук

16+

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