



УДК 551.324.6
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-1-40-52

Современные тенденции развития малого оледенения гор Кузнецкого Алатау на примере ледников Июско-Терсинской группы

¹Адаменко М.М., ¹Гутак Я.М., ²Треньков И.П.

¹Сибирский государственный индустриальный университет,
Россия, 654007, Новокузнецк, ул. Кирова, 42

²Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау»,
Россия, 652888, Междуреченск, пр. Шахтеров, 33-1
E-mail: adamenko.marina@gmail.com

Аннотация. Малые ледники и многолетние снежники являются важной составляющей ландшафтов гор Кузнецкого Алатау и оказывают огромное влияние на природные особенности территории. Оледенение здесь относится к малым формам, имеет малые размеры и залегает на низких абсолютных высотах (значительно ниже расчетной климатической снеговой границы). В связи с этим ледники Кузнецкого Алатау имеют быструю реакцию на изменения климата. Среди многочисленных групп ледников здесь одной из наиболее изученных является Июско-Терсинская группа. Представленная работа излагает результаты гляциальных исследований Июско-Терсинской группы, полученные авторами в 2005, 2008, 2011 и 2021 гг., суммирует имеющиеся литературные данные об измерении размеров четырех наиболее крупных ледников группы с 80-х г. XX века. В статье также проанализированы полевые данные изменения скорости абляции Черно-Июскового ледника (№ 83), а также изменения снегонакопления в горах Кузнецкого Алатау (по данным снегомерных работ в 2010–2021 гг.). Полученные результаты показывают, что крупные ледники Июско-Терсинской группы продолжают сокращаться. Темпы сокращения в 2011–2021 гг. замедлились по сравнению со второй половиной XX – первым десятилетием XXI вв. Замедление темпов сокращения ледников напрямую связано с увеличением количества твердых осадков в горах Кузнецкого Алатау. Подтверждается наблюдение, описанное в 2018 г. М.Л. Махровой и В.М. Ермаковым о происходящих изменениях в морфометрии ледников.

Ключевые слова: малые ледники, горы Кузнецкий Алатау, изменение климата, нивальные геосистемы, трансформация геосистем

Для цитирования: Адаменко М.М., Гутак Я.М., Треньков И.П. 2022. Современные тенденции развития малого оледенения гор Кузнецкого Алатау на примере ледников Июско-Терсинской группы. Региональные геосистемы, 46(1): 40–52. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-40-52

Modern Trends of Kuznetsk Alatau Minor Glaciation Evolution in the Example of the Iyusko-Tersinskaya Glaciers Group

¹Marina M. Adamenko, ¹Yaroslav M. Gutak, ²Ivan P. Trenkov

¹Siberian State Industrial University,
42 Kirova St, Novokuznetsk 654007, Russia

²State Natural Reserve "Kuznetsk Alatau",
33-12 Shakhтеров Ave., Mezhdurechensk 652888, Russia
E-mail: adamenko.marina@gmail.com

Abstract. Small glaciers and perennial snowfields are an important component of the landscapes of the Kuznetsk Alatau Mountains and have a huge impact on the natural features of the territory. Glaciation here is represented by small forms located at low absolute heights (significantly below the calculated



climatic snow limit). In this regard, the glaciers of the Kuznetsk Alatau have a quick response to climate change. Among the numerous groups of glaciers here, one of the most studied is the Iyusko-Tersinskaya group. This group of glaciers is located in the region of the axial watershed of the Kuznetsk Alatau Mountains, where an abnormally large amount of precipitation falls for Western Siberia, up to 3000–3500 mm in the water layer. The glaciers of the Iyusko-Tersinskaya group were studied in different years by P.S. Shpin, N.V. Kovalenko, A.A. Syubaev, M.L. Makhrova and V.M. Ermakov, as well as the authors of this article. This article presents the results of glacial studies of the Iyusko-Tersinskaya group obtained by the authors in 2005, 2008, 2011 and 2021, summarizes the available literature data on measuring the size of the four largest glaciers of the group since the 80s of the XX century, analyzes data on changes in the ablation rate of the Chemo-Iyusky glacier (No. 83), leads data on changes in snow accumulation in the Kuznetsk Alatau mountains (according to snow measurements in 2010–2021). The results show that the large glaciers of the Iyusko-Tersinskaya group continue to shrink. The rate of decline in 2011–2021 slowed down compared to the second half of the 20th century and the first decade of the 21st century. The slowdown in the reduction of glaciers is directly related to the increase in precipitation in the Kuznetsk Alatau Mountains. The observation of ongoing changes in the morphometry of glaciers was first noted by M.L. Makhrova and V.M. Ermakov is confirmed.

Key words: minor glaciations, Kuznetsky Alatau Mountains, climate change, nival geosystems, transformation of geosystems

For citation: Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Trenkov I.P. 2022. Modern Trends of Kuznetsk Alatau Minor Glaciation Evolution in the Example of the Iyusko-Tersinskaya Glaciers Group. *Regional Geosystems*, 46 (1): 40–52 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-40-52

Введение

Малые ледники и многолетние снежники являются важной составляющей ландшафтов гор Кузнецкого Алатау и оказывают огромное влияние на природные особенности территории, изменяя климат, являясь аккумулятором пресной воды, участвуя в процессах рельефообразования и воздействуя на видовой состав растений и животных. Оледенение Кузнецкого Алатау, имея малые размеры и залегая на низких абсолютных высотах, по аналогии с другими среднегорными районами, не достигающими климатической снеговой границы, где ледники существуют за счет метелевой концентрации снега в понижениях на подветренных склонах, обнаруживает быструю реакцию на изменения климата.

Ледники в горах Кузнецкого Алатау залегают не одиночно, а группами, формируя три района оледенения [Шпинь, 1980]. Среди многочисленных групп ледников одной из наиболее изученных является Июско-Терсинская группа. Ледники этой группы были каталогизированы в 70–80 гг. П.С. Шпинем, по морфологическим признакам они отнесены им к присклоновому и каровоприсклоновому типам [Шпинь, 1980]. Н.В. Коваленко [2008; 2011] и А.А. Сюбаев с Е.А. Ковалевым [2004] оценили отступление некоторых ледников в начале XXI в. М.М. Адаменко в 2005 и 2011 гг. производила замеры площадей и исследование абляции отдельных ледников [Адаменко, 2008]. В 2018 г. М.Л. Махровой и В.М. Ермаковым [2019] были определены площади четырех ледников: Черно-Июский (№ 83), Чуракова (№ 85), Толмачева (№ 86), Центральный (№ 87).

Июско-Терсинская группа ледников расположена в пределах центральной части гор Кузнецкого Алатау. Наиболее крупные ледники группы расположены на восточном склоне большого безымянного массива, с которого берут начало Черный Июс и Верхняя Терсь. Отличительной особенностью этого среднегорного района является аномально большое количество осадков для Западной Сибири, достигающее 3000–3500 мм в год на западных склонах осевого водораздела [Адаменко и др., 2021].

Текущие изменения малых ледников Кузнецкого Алатау вызывают интерес с позиции самоорганизации и трансформации горных геосистем в условиях меняющегося кли-



мата, которые наблюдаются повсеместно в горах Сибири [Иванов, 2011; Политова и др., 2013; Галахов и др., 2012; Чистяков и др., 2015; Лапин, 2019; Китов, 2021] и требуют более детального изучения.

Данная работа излагает результаты гляциальных исследований Июско-Терсинской группы, полученные в 2021 г., суммирует имеющиеся данные об измерении размеров четырех наиболее крупных ледников группы с 80-х годов XX века. Кроме того, в статье приводятся данные о скорости абляции Черно-Июского ледника в 1971, 2011 и 2021 гг.

Объекты и методы исследования

В 2021 г. среди девяти ледников Июско-Терсинской группы полевыми выходами были обследованы четыре ледника: Черно-Июский (№ 83), Чуракова (№ 85), Толмачева (№ 86), Центральный (№ 87). Расположение радиальных маршрутов и ледников представлено на рис. 1.

Ледники расположены в удаленной местности на территории заповедника «Кузнецкий Алатау». Заброска осуществлялась на машине Урал-4320, последние 34 км маршрута до базового лагеря на кордоне Рыбное преодолевались пешком с вьючным конным сопровождением. Радиальные маршруты общей протяженностью 57 км преодолевались пешком.

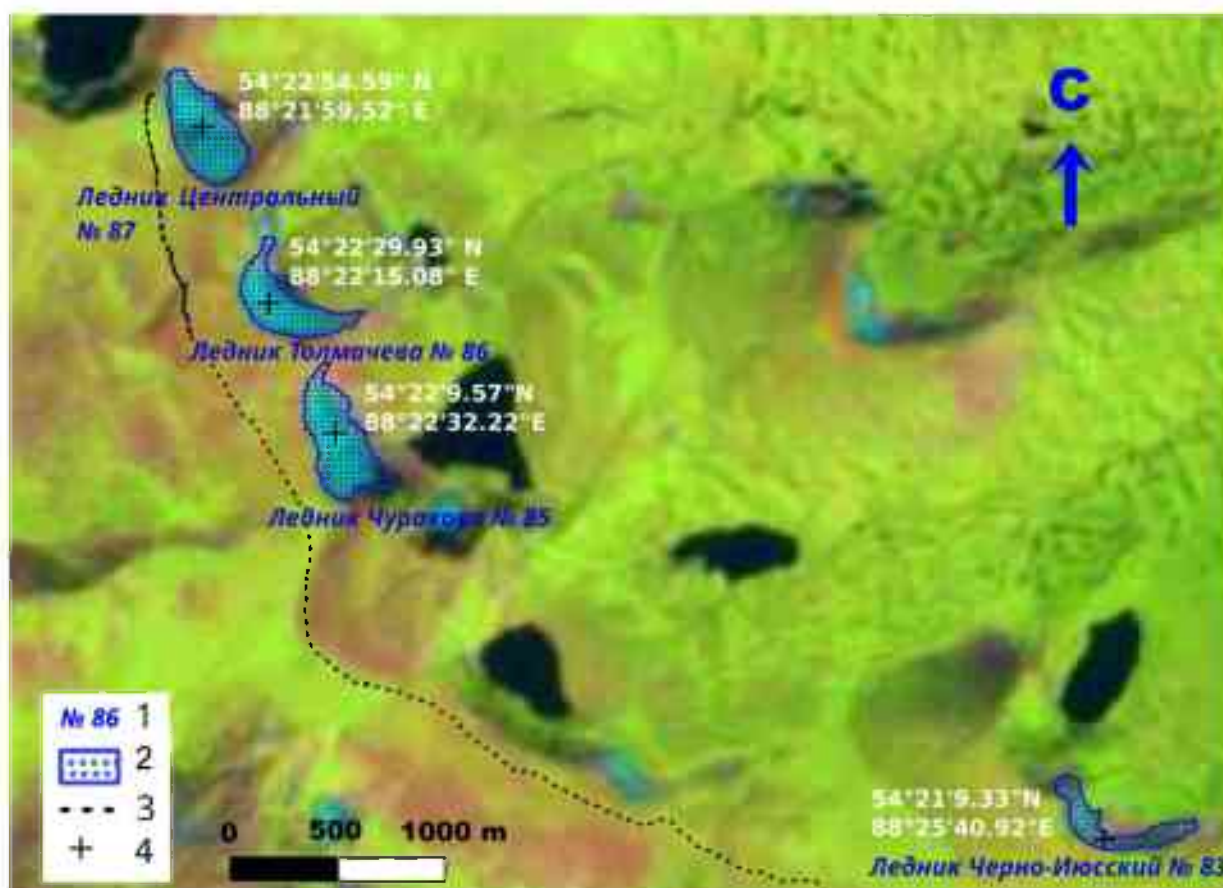


Рис. 1. Картограмма расположения ледников Июско-Терсинской группы обследованных в 2021 г. В основе аэрофотоснимок Landsat от 09.08.2021 [Landsatlook Viewer]

1 – номер и название ледников; 2 – площади обследованных ледников в 2021 г.; 3 – осевой радиальный маршрут; 4 – центроиды ледников и их координаты (в WGS 84)

Fig. 1. Schematic map of the Iussko-Tersin glaciers group location surveyed in 2021. Landsat aerial image dated 08.09.2021 is taken as background [Landsatlook Viewer]

1 – number and name of the glaciers; 2 – areas of surveyed glaciers in 2021, 3 – axial radial route, 4 – glacier centroids and their coordinates (in WGS 84)



При изучении ледников использовались методы фотограмметрии, GPS-метрии, прямых визуальных измерений. Производилось измерение скорости абляции на леднике Черно-Июсский, а также изучение структуры огив ледниковых языков с целью выявления динамики аккумуляции и определения мощности льда.

С помощью GPS-навигатора для каждого ледника определялась абсолютная высота, координаты узловых точек, длина и ширина, записывались пути движения, оконтуривавшие границы ледников и снежников. Погрешность при GPS-измерениях на местности контролировалась и составляла 2,9–3,1 м. При обработке данных на камеральном этапе расчёт длин и площадей ледников осуществлялся в программах QGIS [2021], Google Earth Pro [2021]. Данные GPS-трекера экспортировались и накладывались на соответствующий по времени аэрофотоснимок из открытой базы данных Landsatlook Viewer [2021] для визуального контроля полученных результатов. Пространственное разрешение космоснимков составляет 30 м/пиксель. Использование методик и материалов с указанной погрешностью допустимо, поскольку погрешность расчетов площади составила менее 0,01 км², а именно с этой точностью указана площадь ледников Кузнецкого Алатау как в [Каталог ледников СССР, 1980], так и в работах других исследователей.

Выявление скорости абляции осуществлялось методом вбивания рейки с отметками и посещения ее через зафиксированные промежутки времени с подробной фиксацией погодных условий во время всего периода наблюдений.

Ввиду малых размеров ледников Кузнецкого Алатау для их изучения широко применяется способ парных фотографий, когда с определенного ракурса панорамной фотографией охватывается все снежно-ледовое образование, а фотографии разных лет, сделанные в одну декаду летних месяцев, образуют пары. Подобные серии фотографий хорошо сопоставляются друг с другом. По периметру ледников имеются выступы скал, а в перигляциальной зоне – крупные валуны и их скопления, которые не изменяют своего положения ввиду наличия многомерзлых пород. Относительно этих неподвижных точек легко отслеживать изменения ледника.

Результаты и их обсуждение

Морфометрические показатели ледников, обследованных в 2021 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Морфометрические показатели некоторых ледников Июско-Терсинской группы, обследованных в 2021 г.
Morphometric indicators of some glaciers of the Iyusko-Tersinsky group surveyed in 2021

Название ледника, номер согласно Каталогу ледников СССР	Дата измерений	Наибольшая длина, м	Наибольшая ширина, м	Максимальная и минимальная высота тела ледника, м н.у.м.	Площадь по результатам измерений, км ²
Ледник Черно-Июсский (№ 83)	27.07.21	765	125	1383; 1289	0,04
Ледник Чуракова (№ 85)	28.07.21	650	267	1444; 1314	0,12
Ледник Толмачева (№ 86)	28.07.21	736	205	1490; 1366	0,1
Ледник Центральный (№ 87)	28.07.21	563	275	1495; 1400	0,12



В табл. 2 систематизированы все данные полевых измерений площади ледников с 80 гг. XX в., с указанием ссылки на работы других исследователей, измерения авторов представлены в таблице без ссылок, даже если они были ранее опубликованы.

Таблица 2
Table 2

Изменение площадей некоторых ледников Июско-Терсинской группы
в конце XX – начале XXI вв.

Changes in the areas of some glaciers of the Iussko-Tersinsky group in the late XX – early XXI centuries

Год наблюдений	Площадь ледников по данным полевых исследований, км ²				% суммарной площади четырех ледников от данных [Каталог ледников СССР...]
	ледник Черно-Июсский (№ 83)	ледник Чуракова (№ 85)	ледник Толмачева (№ 86)	ледник Центральный (№ 87)	
80-е гг. XX в. [Шпинь, 1980]	0,19	0,24	0,21	0,20	–
2000 [Сюбаев, Ковалев, 2004]	0,10	–	–	–	–
2005	0,06	0,14	0,14	0,14	57,14
2006 [Коваленко, 2008; 2011]	0,08	–	–	0,10	–
2011	0,04	–	–	–	–
2018 [Махрова, Ермаков, 2018]	0,01	0,116	0,103	0,114	40,83
2021	0,04	0,12	0,10	0,12	45,24

Ледник Черно-Июсский № 83 обследовался 27 июля и 31 июля 2021 г. Данный ледник относится к морфологическому типу присклоновых, расположен на подветренном склоне обширной платообразной седловины водораздела между реками Верхняя Терсь и Черный Июс [Каталог ледников СССР, 1980]. Данный малый ледник выступает наиболее репрезентативным для всего Центрального района оледенения Кузнецкого Алатау, по некоторым причинам: во-первых, его морфометрические показатели и расположение на открытом склоне без выработанного вместилища является типичным для большинства присклоновых ледников описываемого района, во-вторых, это один из самых изученных ледников Кузнецкого Алатау. В период 1970–1980-х годов он регулярно посещался П.С. Шпинем, в 2000-х годах на леднике в разные годы проводились работы А.А. Сюбаевым, М.М. Адаменко, И.В. Гуляевым и Н.А. Коваленко. Накопленный материал позволяет детально проследить изменения ледника за последние 50 лет. Анализ динамики ледника методом парных фотографий приведен на рис. 2.

Площадь ледника по данным GPS-метрии 27 июля 2021 г. составила 0,04 км². На период измерений крайняя северо-западная часть ледника соединялась с основным телом, поэтому была включена в общую площадь, хотя предыдущие годы на период измерений она отделялась от ледника и образовывала отдельный снежник.

Для Черно-Июсского ледника с 1975 г. зафиксировано сильное уменьшение площади. В последнее десятилетие площадь ледника варьирует, то увеличиваясь, то уменьшаясь, составляя не более 40–30 % площади [Каталог ледников СССР, 1980]. Сравнивая фотографии 1973, 2005, 2011 и 2021 гг., можно утверждать, что последнее десятилетие было более благоприятным для развития Черно-Июсского ледника. Площадь фирнового поля с 2011 г. несколько увеличилась, но ширина ледника в центральной части, в области



ледяного ядра, продолжает сокращаться. При этом примечательно то, что в 2021 г. наибольшей шириной обладало северо-западное фирновое поле, расположенное под участком водораздела с наибольшими абсолютными высотами.



Рис. 2. Изменение ледника Черно-Июсский (№ 83) в 1973–2021 гг.

I – ледник в июле-августе 1973 г.; II – ледник 9 июля 2005 г.; III – ледник 2 августа 2011 г.;
IV – ледник 27 июля 2021 г.

Fig. 2. Change of the Chemo-Iussky glacier (№ 83) in 1973–2021

I – glacier in July-August 1973; II – glacier on 9 July 2005; III – glacier on 2 August 2011;
IV – glacier on 27 July 2021

При современной тенденции климатических изменений можно предположить распад ледника на два меньших снежно-ледовых образования в ближайшие десятилетия.

Для Черно-Июсского ледника собран наибольший объем данных о скорости абляции на ледниках Кузнецкого Алатау. Прямые наблюдения за таянием ледника проводились в летние полевые сезоны П.С. Шпинем с 1971 по 1980-е гг. [Шпинь, 1971; 1980; 1987], автором данной статьи (М.М. Адаменко) в 2011 и 2021 гг. Сравнение скоростей абляции для разных лет приведено в табл. 3.

Расчеты П.С. Шпиня показывают, что абляция ледников в 1970–1975 гг. за весь период таяния составляла в среднем 6000–8000 мм в слое воды. За период наблюдений с 23 по 28 августа 1971 г. на фирновом поле Черно-Июсского ледника стоял слой фирна 379 мм (в слое воды). По полученным данным, за пять суток расход вещества на леднике составил 55000–65000 м³ воды без учета таяния в придонной части (величина последнего очень мала).

В 2011 г. для измерения абляции на Черно-Июсском леднике было заложено пять точек. Измерения проводились с 31.07.11 по 25.08.11 в течение 26 дней. Для этого использовались рейки. За период наблюдений на леднике стоял слой фирна в среднем



300–305 см. Средняя скорость таяния фирна составила около 12 см в сутки. При выявленной средней плотности фирна в 0,66–0,68 г/см³ за 12 дней в первой половине августа (с 31.07.11 по 11.08.11) величина абляции составила в среднем 1030 мм в слое воды. За 15 дней во второй половине августа (с 11.08.11 по 25.08.11) величина абляции составила в среднем 1000 мм в слое воды. Таким образом, величина абляции составляла в среднем 80,2 мм в слое воды за сутки. При установленной площади ледника в 0,04 км² и величине абляции в 2040–2070 мм расход вещества на леднике за 26 дней составил 82000–82800 м³ воды, без учета таяния в придонной части.

В 2021 г. (с 27.07.21 по 31.07.21) скорость абляции исследовалась на Черно-Июсском леднике (табл. 3). На юго-восточном поле ледника было установлено 3 алюминиевые рейки по типу лавинного щупа (не дающие тени) с нанесенными сантиметровыми делениями. За четверо полных суток стаяло 43 см фирна при средней скорости 10,75 см в сутки. При средней плотности верхнего слоя фирна в 0,66–0,68 г/см³ величина абляции составляла в среднем 72 мм в слое воды за сутки. При установленной площади ледника в 0,04 км² и величине абляции в 72 мм в сутки расход вещества на леднике за 4 дня составил 11 520 м³ воды, без учета таяния в придонной части.

Таблица 3
Table 3

Скорость абляции ледника Черно-Июсский (№ 83) в 1971–2021 гг.
Ablation rate of the Cherno-Iussky glacier (№ 83) in 1971–2021

Показатели	Годы		
	1971, по данным [Шпинь, 1980]	2011	2021
Средняя суточная абляция ледника, мм слоя воды	75,8	80,2	72,0
Площадь ледника, км ²	0,19	0,04	0,04
Расход вещества в сутки без учета таяния в природной части, м ³ воды	10000	3280	2880

Ледник Чуракова № 85 относится к морфологическому типу карово-присклоновых. Был обследован 28 июля. По результатам измерений 2021 г., наибольшая длина ледника составила 650 м, наибольшая ширина – 267 м, площадь – 0,12 км². По данным Каталога ледников СССР [1980] в 80-е гг. XX в. длина ледника составляла 520 м, площадь 0,24 км². Таким образом, ледник Чуракова увеличился в длину, при этом сократив свою площадь. В XXI в. площадь ледника варьировала от 0,11 до 0,14 км², то увеличиваясь, то уменьшаясь, в целом составляя около 58–45 % от площади. Изменение параметров ледника Чуракова от 2011 к 2021 г. наглядно показано на рис. 3.

На рис. 3 видно сокращение ледника Чуракова, произошедшее в последние 10 лет. В 2011 г. ледник имел плоский профиль без уступов и обрывов. В 2021 г. по бокам он отступил на 10–12 м, в результате чего имеет выпуклый двухступенчатый профиль. В правой части из-под плотного снега на дневную поверхность выходит лед с хорошо выраженной годовой слоистостью в виде системы провисших огив. Справа и слева от фронтальной части из-под фирна обрывистой линией обнажается лоб ледника. Вся толща льда, вскрытая естественным разрезом длиной около 40 м, сложена молочно-белым льдом с многочисленными годовыми слоями. Видимая мощность льда 6–10 м. Перед фронтом ледника отмечено скопление несортированного обломочного моренного материала.



Рис. 3. Положение и размер ледника Чуракова (№ 85): I – 18 августа 2011 г.; II – 28 июля 2021 г.;
a, b – легко определяемые ориентиры – скопления валунов и выступы скал
Fig. 3. Position and size of the Churakov glacier (№ 85): I – 18 August 2011; II – 28 July 2021;
a, b – easily identifiable landmarks – boulder clusters and rock ledges



Ледник Толмачева № 86 относится к морфологическому типу присклоновых. Был обследован 28 июля (рис. 4). Ледник имеет форму полумесяца, утолщенного по центру. Профиль лба выпуклый. Ниже перегиба лба отмечена крупная слоистость льда. Непосредственно к языку примыкает моренный вал несортированного обломочного материала. Высота вала от 8 м в левой до 3–4 м в правой части, ширина гребня 5–6 м, длина около 100 м. Описываемый моренный вал сравнительно молодой, на субстрате отсутствует растительный покров и лишайники. По данным Каталога ледников СССР [1980], длина ледника составляла 0,32 км, площадь 0,21 км². По результатам измерений 2021 г. наибольшая длина ледника составила 736 м, наибольшая ширина 205 м, площадь 0,1 км². Таким образом, ледник Толмачева увеличился в длину, при этом сократив свою площадь. В XXI в. площадь ледника варьировалась от 0,14 до 0,1 км², то увеличиваясь, то уменьшаясь, в целом составляя около 65 % от площади, приведённой в [Каталог ледников СССР, 1980].



Рис. 4. Положение и размер ледника Толмачева (№ 86) 28 июля 2021 г.
Fig. 4. Position and size of the Tolmachev glacier (№ 86) on 28 July 2021

Ледник Центральный № 87 относится к морфологическому типу карово-присклоновых. Корректнее назвать этот ледник присклоновым, так как он залегает на верхней ступени нагорной террасы, непосредственно под линией осевого водораздела рек Томь и Чулым. Ледник совсем не имеет скального обрамления, создававшего бы затенения и потому открыт солнечному свету. Вместе с тем это один из самых устойчивых ледников Июско-Терсинской группы. Ледник был обследован 28 июля (рис. 5). Он имеет выпуклый профиль. В левой части из-под плотного снега на дневную поверхность выходит лед с хорошо выраженной годовой слоистостью. По данным Каталога ледников СССР [1980], длина ледника составляла 0,4 км, площадь 0,2 км². По результатам измерений 2021 г., наибольшая длина ледника составила 563 м, наибольшая ширина 275 м, площадь 0,12 км². Таким образом, ледник увеличился в длину, при этом сократив свою площадь, как и другие обследованные ледники. В XXI в. ледник имеет относительно стабильную площадь около 0,1 км², что составляет около 50 % от площади, указанной в Каталоге ледников СССР [1980].

Следует отметить, что ледники разных морфологических типов в горах Кузнецкого Алатау неодинаково отреагировали на текущее изменение климата. Малые присклоновые ледники, расположенные на открытых склонах без ниш, которые давали бы затенение, быстро деградировали и перешли в разряд многолетних снежников [Адаменко и др., 2017; Адаменко, Гутак, 2017]. Ледники присклонового типа сильно сократились и в настоящее



время составляют, в среднем, около 30 % от их площади в момент каталогизации в 80-е гг. XX в. Несмотря на то, что крупные ледники Июско-Терсинской группы оледенения продолжают сокращаться, темпы отступления в 2011–2021 гг. замедлились по сравнению со второй половиной XX – первым десятилетием XXI вв.



Рис. 5. Положение и размер ледника Центральный (№ 87) 28 июля 2021 г.
Fig. 5. Position and size of the Central glacier (№ 87) 28 July 2021

Замедление темпов отступления ледников напрямую связано с увеличением осадков в горах Кузнецкого Алатау. Ранее в своих работах мы проводили подробный анализ текущих климатических изменений в горах Кузнецкого Алатау. С 1960-х годов XX в. в центральном районе гор Кузнецкого Алатау отмечается устойчивый растущий тренд увеличения осадков. Если средняя годовая сумма осадков в середине XX в. составляла 1507 мм [Научно-прикладной справочник..., 1990], то за период 1990–2019 гг. уже 1650,7 мм [Адаменко и др., 2021]. Результаты снегомерных работ в долине реки Верхняя Терсь показывают, что в первой декаде марта 2011–2021 гг. водозапас в приводораздельной зоне западного макросклона гор Кузнецкого Алатау составлял до 1801,5 мм в слое воды, что соответствует среднегодовому количеству осадков для западных и юго-западных склонов Канымского нагорья по данным [Ресурсы поверхностных..., 1972]. Метелевая концентрация твердых осадков на ледниках, располагающихся на восточном макросклоне, напрямую не изучалась, но очевидно, что она также возросла вследствие общего увеличения осадков и активизации циклонических процессов.

Заключение

Ледники Июско-Терсинской группы оледенения гор Кузнецкого Алатау продолжают сокращаться. Темпы сокращения в 2011–2021 гг. замедлились по сравнению со второй половиной XX – первым десятилетием XXI вв., что вызвано увеличением осадков в горах Кузнецкого Алатау. Суммарная площадь четырех наиболее крупных ледников Июско-Терсинской группы в XXI в. варьировалась, то увеличиваясь, то уменьшаясь, в целом составляя 57–40 % от суммарной площади этих ледников. При этом крупные каровые и карово-присклоновые ледники Июско-Терсинской группы отступили менее незначительно, чем ледники присклонового типа. Ледники Чуракова, Толмачева и Центральный, в целом, находятся в равновесии с климатом, о чем свидетельствует изменение морфометрии некоторых ледников, зафиксированное в 2018 г. группой ученых. Наши наблюдения под-



тверждают ранее полученные данные, что «происходит уменьшение ширины ледника, при увеличении длины, т.е. ледник растягивается...». Вероятно, эти изменения являются следствием смещения баланса в гольцовой зоне Кузнецкого Алатау: одновременным увеличением снегонакопления и протяженностью периода абляции.

Список источников

- Каталог ледников СССР. 1980. Ленинград, Гидрометеиздат, 44 с.
Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Вып. 21: Красноярский край и Тувинская АССР. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. 1990. Ленинград, Гидрометеиздат, 665 с.
Google Earth Pro. Electronic resource. URL: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/download/gep/agree.html> (accessed: 02.10.2021).
Landsatlook Viewer. Electronic resource. URL: [andsatlook.usgs.gov/viewer.html](https://landsatlook.usgs.gov/viewer.html) (accessed: 02.10.2021).
QGIS. Electronic resource. URL: <https://qgis.org/ru/site/> (accessed: 02.10.2021).

Список литературы

- Адаменко М.М. 2008. Современное состояние ледников заповедника «Кузнецкого Алатау». В кн.: Алтай: экология и природопользование. Труды VII российско-монгольской научной конференции молодых ученых и студентов. Бийск, Издательство БГПУ им. М. Шукшина. Ч. 1: 153–155.
Адаменко М.М., Гутак Я.М. 2017. Новый подход к дифференциации малых ледников и многолетних снежников на основе длительности непрерывного существования гляциально-нивального объекта (на примере гор Кузнецкого Алатау). Геосферные исследования, 3: 33–40 DOI: 10.17223/25421379/4/5.
Адаменко М.М., Гутак Я.М., Антонова В.А. 2017. Изменение климата и размеров ледников в горах Кузнецкого Алатау в 1975-2015 гг. Лед и Снег, 57 (3): 334–342. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-3-334-342.
Адаменко М.М., Гутак Я.М., Треньков И.П. 2021. Изменения внутригодового распределения осадков и динамика снежности в горах Кузнецкого Алатау. Геосферные исследования, 2: 101–109. DOI: 10.17223/25421379/19/9.
Галахов В.П., Самойлова С.Ю., Шевченко А.А., Шереметов Р.Т. 2013. Скорость изменения объема ледника Малый Актру (Алтай) за период инструментальных наблюдений. Известия Алтайского государственного университета, 2-3 (79): 147–150. DOI: 10.14258/izvasu(2013)3.2-31.
Иванов Е.Н. 2011. Особенности изменения нивально-гляциальных геосистем горного обрамления юга России. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 4(2): 90–106.
Коваленко Н.В. 2008. Современное состояние малых ледников Кузнецкого Алатау и Плато Путорана. Вестник Московского Университета. Серия 5: География, 3: 67–72.
Коваленко Н.В. 2011. Режим и эволюция малых форм оледенения. Москва, МАКС Пресс, 207 с.
Китов А.Д. 2021. Особенности трансформации и самоорганизации нивально-гляциальных горных геосистем. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 35: 33–43. DOI: 10.26516/2073-3402.2021.35.33.
Лапин П.С. 2019. Морфогенетическая модель развития современного рельефа в зоне сочленения Чуйской и Курайской внутригорных впадин (Горный Алтай). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43 (4): 375–385. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-375-385.
Махрова М.Л., Ермаков В.М. 2019. О состоянии малых форм современного оледенения на восточном макросклоне Кузнецкого Алатау (на примере Июско-Терсинской группы). В кн.: Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Материалы XXIII Международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых, 20–22 ноября 2019, Абакан, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова: 82–85.
Политова Н.Г., Сухова М.Г., Жилина Т.Н. 2013. Изменение показателей температурно-влажностного режима приземной атмосферы и реакция горных экосистем (на примере



- Алтайского государственного биосферного заповедника). Вестник Томского Государственного Университета, 371: 197–200.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Алтай и Западная Сибирь. 1972. Т. 15. Вып. 2. Ленинград, Гидрометеоздат, 407 с.
- Сюбаев А.А., Ковалев Е.А. 2004. Современное состояние оледенения Кузнецкого Алатау и его динамика во второй половине XX века. Природа и экономика Кузбасса, 9 (2): 41–49.
- Чистяков К.В., Ганюшкин Д.А., Курочкин Ю.Н. 2015. Современное состояние и динамика нивально-гляциальных систем массивов Монгун-Тайга и Таван-Богдо-Ола. Лёд и Снег, 55 (1): 49–60. DOI: 10.15356/IS.2015.01.05.
- Шпиль П.С. 1971. Некоторые вопросы современного оледенения Кузнецкого Алатау. Вопросы географии Кузбасса и горного Алтая. Новокузнецк, Изд-во Новокузнецкого полиграфкомбината. Вып. 4: 155–173.
- Шпиль П.С. 1980. Оледенение Кузнецкого Алатау. Москва, Наука, 83 с.
- Шпиль П.С. 1987. Термический режим теплого периода в высотно-гляциальной зоне Кузнецкого Алатау. Гляциология Алтая. Томск, Изд-во ТГУ. Вып. 13: 44–57.

References

- Adamenko M.M. 2008. *Sovremennoe sostoyanie lednikov zapovednika «Kuzneckogo Alatau»* [The current state of the glaciers of the Kuznetsk Alatau Reserve]. In: *Altay: ekologiya i prirodopolzovaniye* [Altai: ecology and nature management]. Proceedings of the VII Russian-Mongolian scientific conference of young scientists and students. Biysk, Publishing house of the Belarusian State Pedagogical University im. M. Shukshina. V. 1: 153–155.
- Adamenko M.M., Gutak J.M. 2017. A New Approach to Separation Small Glaciers from Perennial Snowfields Which is Based on the Data About Duration of the Continuous Existence of Glacial and Firn Objects (on the Example of the Kuznetsky Alatau Mountains). *Geosphere Research*, 3: 33–40 (in Russian). DOI: 10.17223/25421379/4/5.
- Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Antonova V.A. 2017. Climate Change and the Size of Glaciers in the Kuznetsky Alatau Mountains Between 1975 and 2015. *Ice and Snow*, 57 (3): 334–342 (in Russian). DOI: 10.15356/2076-6734-2017-3-334-342.
- Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Trenkov I.P. 2021. Changes in the Intra-Annual Distribution of Precipitation and the Dynamics of Snowfall in the Kuznetsk Alatau Mountains. *Geosphere Research*, 2: 101–109 (in Russian). DOI: 10.17223/25421379/19/9.
- Galakhov V.P., Samoilova S.Yu., Shevchenko A.A., Sheremetov R.T. 2013. The Rate of Volume Change in the Glacier Maly Aktru (Altai) for the Period of Instrumental Observations. *Izvestiya of Altai State University*, 2-3 (79): 147–150 (in Russian). DOI: 10.14258/izvasu(2013)3.2-31.
- Ivanov E.N. 2011. Peculiarities of Change of Snow-Glacial Geosystems of the Mountain Frame of the South of Russia. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*, 4 (2): 90–106 (in Russian).
- Kovalenko N.V. 2008. The Present-Day State of Small Glacier Forms in Kuznetsky Ala-Too and the Putorana Plateau. *Moscow University Bulletin. Series 5: Geography*, 3: 67–72 (in Russian).
- Kovalenko N.V. 2011. *Rezhim i evolyuciya malyh form oledeneniya*. [Regime and evolution of small forms of glaciation]. Moscow, Publ. MAKS Press, 207 p.
- Kitov A.D. 2021. Features of Transformation and Self-Organization of Mountain Nival-Glacial Geosystems. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*, 35: 33–43 (in Russian). DOI: 10.26516/2073-3402.2021.35.33.
- Lapin P.S. 2019. Morphogenetic model of development of modern relief in the joining area of the Chuya and Kurai intermountain depressions (Mountain Altai). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 43 (4): 375–385 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-375-385.
- Makhrova M.L., Ermakov V.M. 2019. O sostoyanii malyh form sovremennogo oledeneniya na vostochnom makrosklone Kuzneckogo Alatau (na primere Iyussko-Tersinskoj gruppy) [On the state of small forms of modern glaciation on the eastern macroslope of the Kuznetsk Alatau (on the example of the Iyussko-Tersinsky group)]. In: *Ekologiya Yuzhnoj Sibiri i sopredel'nyh territorij* [Ecology of Southern Siberia and adjacent territories]. Proceedings of the XXIII International



- Scientific School-Conference of Students and Young Scientists, 20–22 November 2019, Abakan, Publ. Khakass State University of N.F. Katanov: 82–85.
- Politova N.G., Sukhova M.G., Zhilina T.N. 2013. Changes of Temperature and Humidity Parameters of Surface Atmosphere and the Reaction of Mountain Ecosystems (Case Study of the Altai State Biosphere Reserve). Tomsk State University Journals, 371: 197–200 (in Russian).
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Altay i Zapadnaya Sibir [Resources of surface waters of the USSR: Altai and Western Siberia]. 1972. V. 15, Is. 2. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 407 p.
- Syubaev A.A., Kovalev E.A. 2004. Sovremennoe sostoyanie oledneniya Kuzneckogo Alatau i ego dinamika vo vtoroy polovine XX veka [The current state of glaciation in the Kuznetsk Alatau and its dynamics in the second half of the 20th century]. Priroda i ekonomika Kuzbassa, 9 (2): 41–49.
- Chistyakov K.V., Ganyushkin D.A., Kurochkin Y.N. 2015. Present State and Dynamics of Glacio-Nival Systems of Mongun-Taiga and Tavan-Bogdo-Oia Mountain Massifs. Ice and Snow, 55 (1): 49–60 (in Russian). DOI: 10.15356/IS.2015.01.05.
- Shpin P.S. 1971. Nekotorye voprosy sovremennogo oledneniya Kuzneckogo Alatau [Some issues of modern glaciation of the Kuznetsk Alatau. Questions of the geography of Kuzbass and Gorny Altai]. Novokuznetsk, Publ. Novokuznetsk Polygraph Combine. V. 4: 155–173.
- Shpin P.S. 1980. Olednenie Kuzneckogo Alatau [Glaciation of the Kuznetsk Alatau]. Moscow, Publ. Nauka, 83 p.
- Shpin P.S. 1987. Termicheskiy rezhim teplogo perioda v vysotno-glyacial'noj zone Kuzneckogo Alatau. Glyatsiologiya Altaya [Thermal regime of the warm period in the altitudinal-glacial zone of the Kuznetsk Alatau. Glaciology of Altai]. Tomsk, Publ. Tomsk State University. V. 13: 44–57.

Поступила в редакцию 18.01.2022;

поступила после рецензирования 18.02.2022;

принята к публикации 28.02.2022

Received January 18, 2022;

Revised February 18, 2022;

Accepted February 28, 2022

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Адаменко Марина Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности института горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, Россия

Гутак Ярослав Михайлович, профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности института горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, Россия

Треньков Иван Павлович, заместитель директора по научной работе Государственного природного заповедника «Кузнецкий Алатау», г. Междуреченск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Marina M. Adamenko, PhD in Geography, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Life Safety of Institute of Mining and Geosystems of Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Yaroslav M. Gutak, Professor, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Department of Geology, Geodesy and Life Safety of Institute of Mining and Geosystems of Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Ivan P. Trenkov, Deputy Director for Research of the Kuznetsky Alatau State Nature Reserve, Mezhdurechensk, Russia