ГИДРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

HYDROLOGY AND CLIMATOLOGY

УДК 556.124

Карандаев С.В., Карандаева Л.М.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
Ташкент, Узбекистан

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ БАССЕЙНА ЛЕДНИКА ЗЕРАВШАНСКИЙ

Аннотация. *Ледники являются яркими индикаторами современного изменения климата. Наблюдаемое потепление климата планеты отражается на их общем состоянии. В результате происходит деградация ледников, выражающаяся, прежде всего, в уменьшении их размеров. Данная работа посвящена изучению современного состояния оледенения бассейна ледника Зеравшанский – одного из крупнейших ледников Средней Азии. В результате проведенных исследований по состоянию оледенения на 2017 год в бассейне ледника Зеравшанский находится 72 ледника общей площадью 134,67 км^2. Расчеты показали, что среднегодовые темпы деградации оледенения изучаемой территории за период 1980-2017 гг. почти в два раза ниже среднегодовых темпов деградации за период 1957-1980 гг., что составляет 0,24% в год и 0,42% в год, соответственно.*

Ключевые слова: *современное оледенение, деградация горных ледников, космические снимки LANDSAT, дешифрирование ледников, идентификация ледников, площадь ледника.*

Karandaev S.V., Karandaeva L.M.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

ASSESSMENT OF CURRENT GLACIATION OF THE ZERAVSHANSKY GLACIER BASIN

Abstract. *Glaciers are clear indicators of modern climate change. The observed warming of the planet's climate affects their general condition. As a result, glaciers are degraded, which is primarily expressed in a decrease in their size. This work is devoted to the study of the current state of glaciation of the Zeravshansky glacier basin, one of the largest glaciers in Central Asia. As a result of the conducted research on the state of glaciation in 2017, there are 72 glaciers in the basin of the Zeravshansky glacier with a total area of 134.67 km^2. Calculations have shown that the average annual rate of degradation of the studied territory for the period 1980-2017 is almost twice lower than the average annual rate of degradation for the period 1957-1980, which was 0.24% per year and 0.42% per year, respectively.*

Key words: *modern glaciation, degradation of mountain glaciers, LANDSAT satellite images, interpretation of glaciers, identification of glaciers, glacier area.*

Введение и постановка проблемы. Формирование водных ресурсов реки Зеравшан происходит на территории Таджикистана в основном за счет ледникового и снегового таяния. Однако, зона потребления стока реки находится в Узбекистане. Многочисленные горные ледники расположены в бассейне реки Зеравшан – одной из главных водных артерий Средней Азии. Свое начало эта река берет из ледника Зеравшанский – одного из крупных ледников Средней Азии.

По состоянию на 1980 год, площадь ледника Зеравшанский составляла 25,11 км^2 [17]. Изучение ледниковых запасов, развития оледенения в целом, а также отдельных ледников является актуальной задачей науки-гидрологии, призванной объективно оценивать природные ресурсы, в частности запасы пресных вод, прогнозировать дальнейший ход их развития для совершенствования прогнозов стока и проектов водопользования, намечать пути рационального использования для удовлетворения возрастающего спроса народного хозяйства.

Исследования специалистов-гляциологов Узбекистана, Казахстана, Таджикистана и других стран [1-4, 8-13, 14-16] показали, что с 1980 годов оледенение Средней Азии деградирует. Это выражается, прежде всего, в уменьшении размеров ледников. Деградация вызвана ухудшением условий питания ледников. С этим фактом необходимо считаться при оценках, расчетах и прогнозах стока рек Средней Азии. Следует отметить, что число ледников недостаточно хороший показатель при оценке сокращения оледенения. При уменьшении площади оледенения число ледников может возрасти за счет распада крупных ледников на ледники меньших размеров. При оценке оледенения необходимо рассматривать суммарную площадь оледенения.

Изученность проблемы. Более или менее полные сведения об оледенении Средней Азии были получены в процессе каталогизации ледников, выполненной в 1966-1982 годах. В середине 70-х годов прошлого века широкое развитие для исследований ледников получили космические фотоснимки (КФС) земной поверхности. На их базе в середине 1980-годов для Памиро-Алая выполнена комплексная картографическая инвентаризация природных ресурсов (ККИПР) в масштабе 1:500000. Среди объектов картографической инвентаризации было и оледенение. Выполненные по ККИПР работы, а также наблюдения за колебаниями ледников Памиро-Алая по международной программе наблюдений позволили получить однозначный вывод о продолжающемся с начала XX века сокращении оледенения. Данные КФС ледниковых районов предоставили возможность получения более точных данных об эволюции оледенения. Были выявлены качественные признаки сокращения оледенения:

– исчезновение части ледников площадью менее 0,1 км^2;

– сокращение площади крупных ледников;

– распад крупных ледников на более мелкие.

На основе материалов космофотосъемки 1978 г. и 1980 г. с использованием топографических карт масштаба 1:100000 в САНИГМИ (ныне НИГМИ) А.С. Щетинниковым были получены сведения об оледенении речных бассейнов Гиссаро-Алая и Памира, характеризующиеся полнотой по территориальному охвату и практически одновременные. За реперные годы были приняты 1957 г. и 1980 г., когда было получено наибольшее количество материалов аэрофотосъемки (АФС) и космофотосъемки (КФС) соответственно. Эта работа позволила оценить изменение оледенения за длительный период. По данным из работы А.С. Щетинникова площадь ледников бассейна реки Зеравшан в 1957 г. составляла 656 км^2 (объем 36,7 км^3), а в 1980 г. – 572 км^2 (27,7 км^3) [16]. За рассматриваемый период произошло уменьшение площади оледенения и запасов льда в бассейне реки Зеравшан. За 23 года ледники потеряли 8,973 км^3 льда, что составляет 24,5% запасов льда на 1957 год.

Оценка динамики ледников имеет большое практическое значение, так как ледники являются природным хранилищем пресной, биологически чистой воды. Объектом исследования данной работы выбран бассейн ледника Зеравшанский, а предметом исследования ледники бассейна ледника Зеравшанский.

Цель и задачи работы. Цель данной работы – оценить современное оледенение бассейна ледника Зеравшанский. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

– подбор и поиск космических снимков на исследуемую территорию;

– дешифрирование горных ледников на космических снимках;

– идентификацию ледников бассейна ледника Зеравшанский;

– оцифровку ледников и оценку современного оледенения бассейна ледника Зеравшанский.

Материалы и методы. При изучении изменения горных ледников в современных условиях широко используются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса и геоинформационные технологии (ГИС).

Основная часть. Первой задачей, которая стояла перед исполнителями, являлись подбор и поиск космических снимков на исследуемую территорию. В настоящем исследовании использованы космические снимки LANDSAT 8. Запущенный на орбиту 11 февраля 2013 года спутник LANDSAT 8 собирает данные и изображения, используемые в сельском хозяйстве, образовании, бизнесе и науке. Получить необходимые снимки возможно на безвозмездной основе на официальном сайте геологической службы США (USGS) (gloves.usgs.gov.). Инструкцию по получению снимков можно найти на сайте https://gis-lab.info/qa/landsat-glovis.html.

Многоканальные снимки со спутника LANDSAT 8 имеют 11 каналов съемки с разными диапазонами длин волн и разрешением 30х30 м, что является наиболее подходящим для дешифрирования обследуемых объектов. Основным условием отбора космических снимков являлось отсутствие сезонного снега на горной территории. Для этого было выбрано время съемки – август, когда ледники лишены снежного покрова в языковой части, а склоны гор лишены сезонного снега. Важным фактором является отсутствие облачности над исследуемой территорией. На снимках, используемых в исследовании, покрытие территории облаками минимально, что удобно в их практическом использовании. Наиболее подходящими и отвечающими указанным условиям оказались ближайшие снимки 2017 и 2018 годов за август на всю горную территорию бассейна реки Зеравшан.

Для удобства работы в качестве вспомогательного элемента применялся интернет-ресурс Google Earth, позволяющий с подключаемой радарной 3D-модели местности проводить визуальный контроль и идентификацию ледников с различных удобных ракурсов. На рисунке 1 в качестве примера представлено спутниковое изображение оледенения верховья бассейна реки Зеравшан во втором канале Landsat 8 (Синий (Blue)).

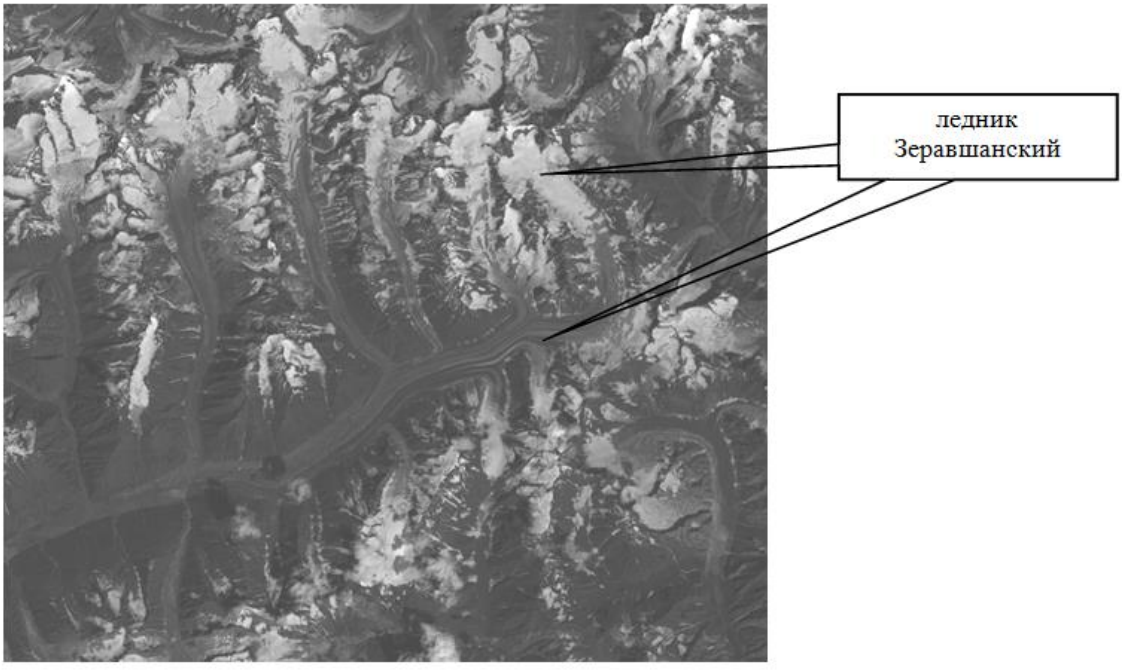


Рис. 1. Спутниковое изображение оледенения верховья бассейна реки Зеравшан август 2017 г., канал 2 (Синий (Blue))

В исследованиях использованы сведения о ледниках, представленные в Каталогах ледников по состоянию оледенения на 1957 год [7] и 1980 год [17]. Схематическое расположение ледников в бассейне ледника Зеравшанский показано на рисунке 2 [7]. В Каталоге [7] каждый из ледников описан такими показателями как: площадь всего ледника, площадь абляции, высота низшей точки конца ледника, высота фирновой линии и т.д. Схема (см. рисунок 2) дает общее представление о расположении каждого ледника в границе верховья Зеравшана. Она явилась хорошей информационной базой для идентификации и определения места нахождения всех изучаемых ледников.

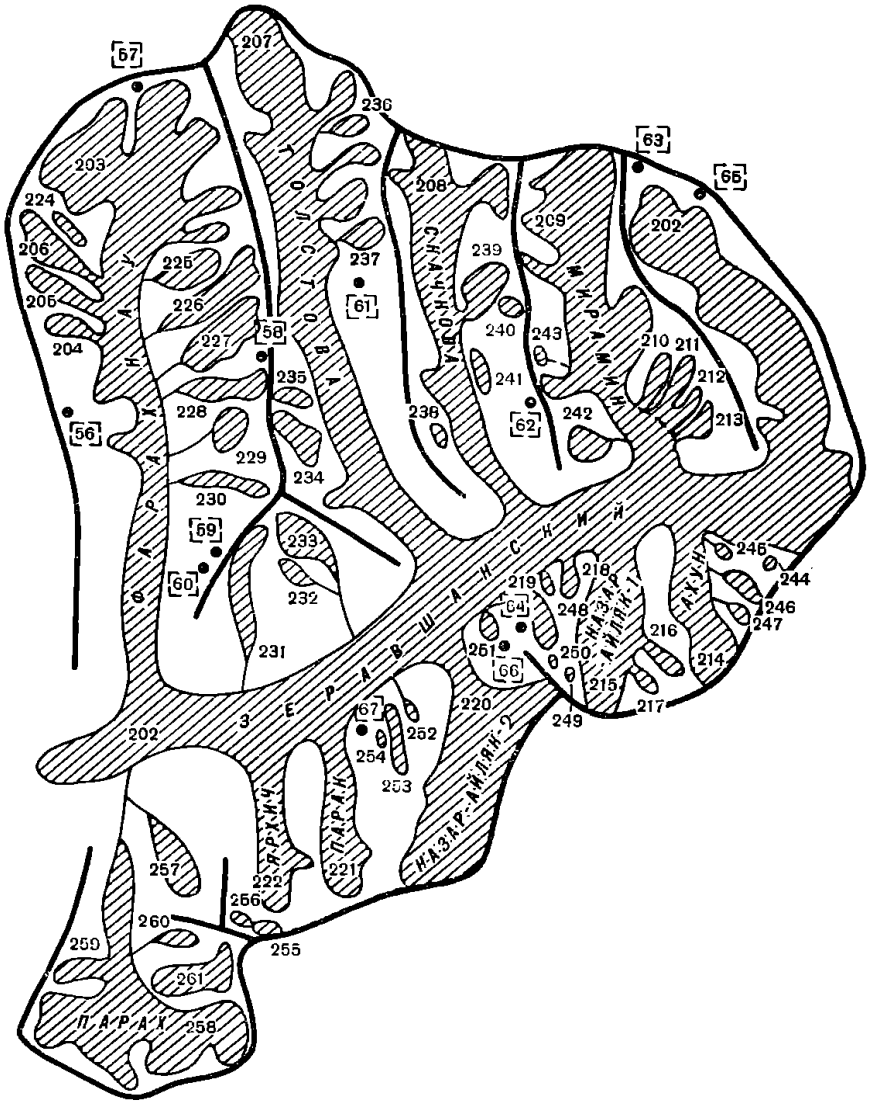


Рис. 2. Схема расположения ледников в бассейне ледника Зеравшанский [7]

По данным [7] в бассейне ледника Зеравшанский по состоянию оледенения на 1957 г. существовало 72 ледника суммарной площадью 162,02 км^2, из которых 12 имеют площадь менее 0,1 км^2. По данным [17] по состоянию оледенения на 1980 год в бассейне ледника Зеравшанский представлено 63 ледника суммарной площадью 141,62 км^2. Следует отметить, что в [17] по сравнению с [7] отсутствует информация по 5 ледникам площадью менее 1 км^2 (№204 – 0,7 км^2, №210 – 0,6 км^2 , №211 – 0,6 км^2, №212 – 0,9 км^2, №213 – 0,7 км^2) и двум ледникам площадью менее 1,5 км^2 (№ 205 – 1,2 км^2, №206 – 1,4 км^2**).** Но появилась информация о двух ледниках №227а (площадь 0,16 км^2) и №240а (площадь 0,07 км^2). По всей видимости, ледник №227 и соответственно ледник №240 распались на два ледника каждый.

К сожалению, в Каталоге ледников по состоянию оледенения на 1980 год [17] нет схематического представления ледников.

Дешифрирование горных ледников на космических снимках. «Дешифрирование космических снимков – выявление, опознавание на снимках земной поверхности, получаемых с космических аппаратов (пилотируемых или беспилотных), либо отдельных объектов, либо объектов одного вида».

Для дешифрирования ледников бассейна ледника Зеравшанский использован многоканальный снимок LANDSAT 8 (11 каналов) за август 2017 г. Каждое одноканальное изображение в снимке имеет черно-белое изображение. Сочетания каналов спутника LANDSAT 8 можно скомпоновать в пять групп в зависимости от преобладающих цветов и от отображаемой информации на них [6]. Для первичного анализа и дальнейшей визуализации результатов обработки снимка была использована программа QGIS, находящаяся в свободном лицензионном доступе [18]. Для опознания и удобной визуализации ледников спутниковый снимок был преобразован в компьютерное изображение в псевдоцвете, составленное по спектральной яркости разных каналов. В нашей работе изображение в псевдоцвете составлено из каналов в комбинации 5-4-3 с использованием ближнего инфракрасного цвета (Near Infrared, NIR, канал 5).

Снимки в инфракрасном цвете отличны от тех, что видит человеческий глаз. Они широко используются для интерпретации природных ресурсов. На рисунке 3 представлено компьютерное изображение современного состояния ледников бассейна ледника Зеравшанский в псевдоцвете. На рисунке 3 хорошо выделены редкие облака (чисто белый цвет). Это исключает вероятность идентифицировать их как ледник или снег. Применение современных компьютерных технологий обработки цифровых космических снимков и технологий ГИС, позволяют выполнить обработку исходного материала с достаточной точностью и сокращением времени работы.

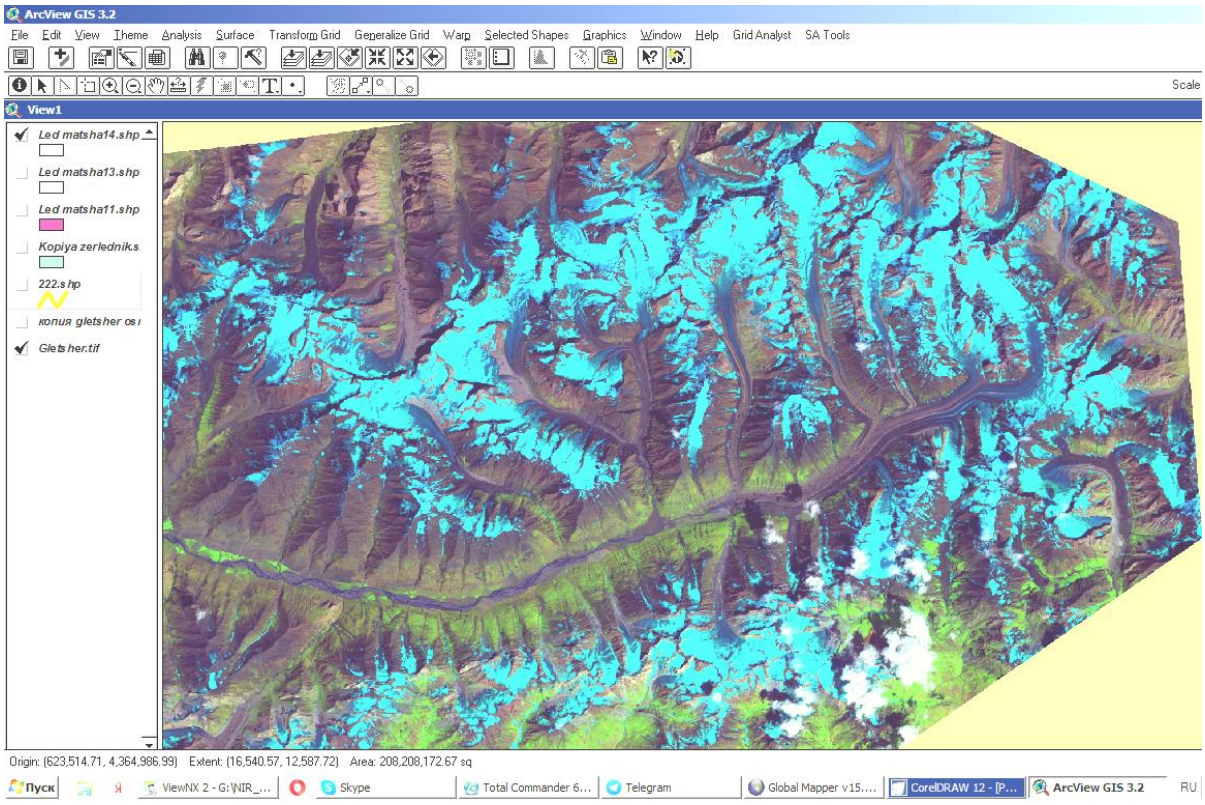


Рис. 3. Компьютерное изображение современного состояния оледенения бассейна ледника Зеравшанский в псевдоцвете

Идентификация ледников бассейна ледника Зеравшанский. «Идентификация – распознание, установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков».

Схематическое представление территориального распределения ледников в Каталоге ледников по состоянию оледенения на 1957 год [7] (см. рисунок 2) не сопровождается сведениями о географических координатах местоположения ледников. Поэтому следующим шагом было распознание местоположения ледников на изображении, которое получено со спутника. Для этого визуально анализировалось местоположение ледников относительно водораздельных хребтов в пределах частных бассейнов боковых притоков. Для уточнения местонахождения ледников, когда возникала такая необходимость, привлекался интернет-ресурс Google Earth и фотографии аэровизуальных наблюдений (фотографии с борта вертолета).

В качестве примера на рисунках 4, 5, 6 показано внешнее сравнение ледника №244 (см. рисунок 2) по левому борту долины Зеравшана. На космоснимке псевдоцвет является основой определения границ ледников. Как правило, лед имеет более темный синий оттенок на снимке по сравнению со снегом и фирном. Скальные выходы, участки с травянистым покровом имеют другую окраску, отличную от оттенков синего и голубого. В результате было получено компьютерное изображение идентифицированных ледников (см. рисунок 7) с их схематическим сравнением расположения на рисунке 2.

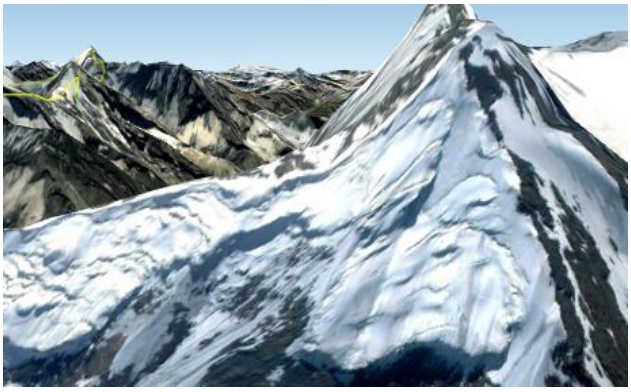


Рис. 4. Ледник №244 бассейна ледника Зеравшанский в Google Earth



Рис. 5. Ледник №244 бассейна ледника Зеравшанский с борта вертолета (фото Карандаева С.В.)

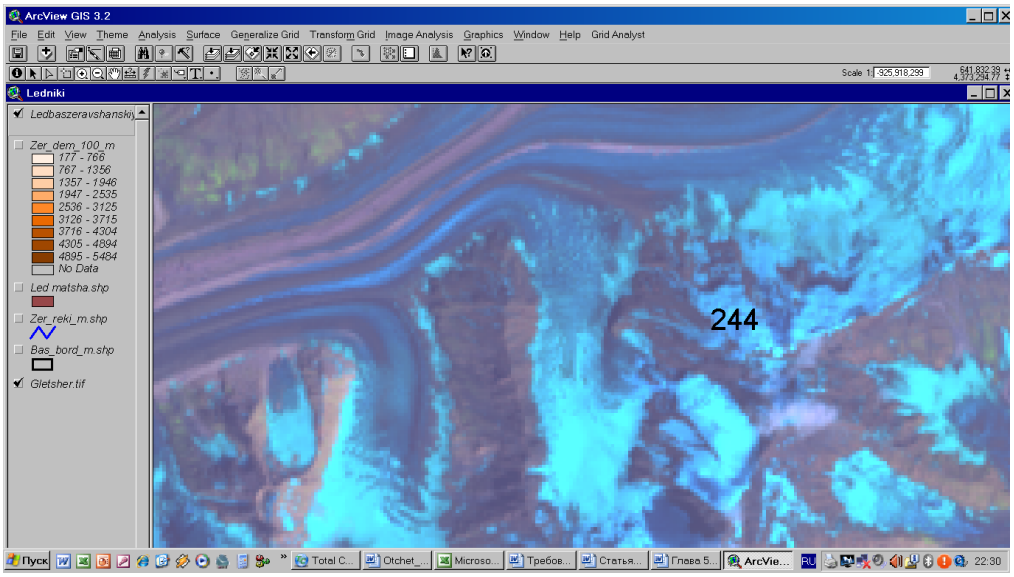


Рис. 6. Ледник №244 бассейна ледника Зеравшанский на космоснимке

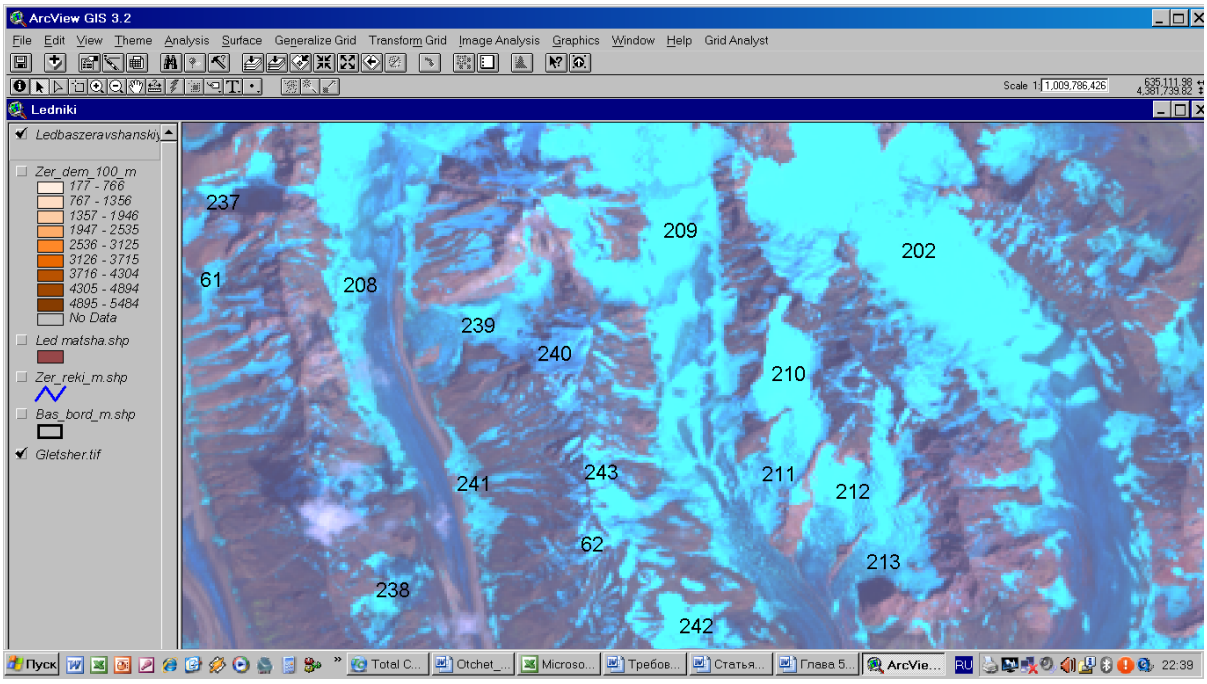


Рис. 7. Фрагмент компьютерного изображения ледников бассейна ледника Зеравшанский с результатами их идентификации

При определении границ ледников на космических снимках бывает сложно выявить нижнюю границу некоторых ледников, поскольку их низовье зачастую скрыто мореным материалом. Важным также остается отделить от объектов изучения сезонные и многолетние снежники, конуса выноса лавин, надувы и карнизы в пригребневой зоне. Снежники, как правило, имеют ровную поверхность и пассивно занимают ложбины рельефа. Конусы выноса лавин имеют форму, резко отличающуюся от тела ледников и тем более от карнизов на гребнях. Для ледников характерны хорошо выраженные признаки движения, такие как обтекаемая форма и поверхность с множеством поперечных трещин. В нижней части крупных ледников ярко выражен язык с открытым льдом. У долинных ледников нередки провалы в виде овалов, заполненных талой водой.

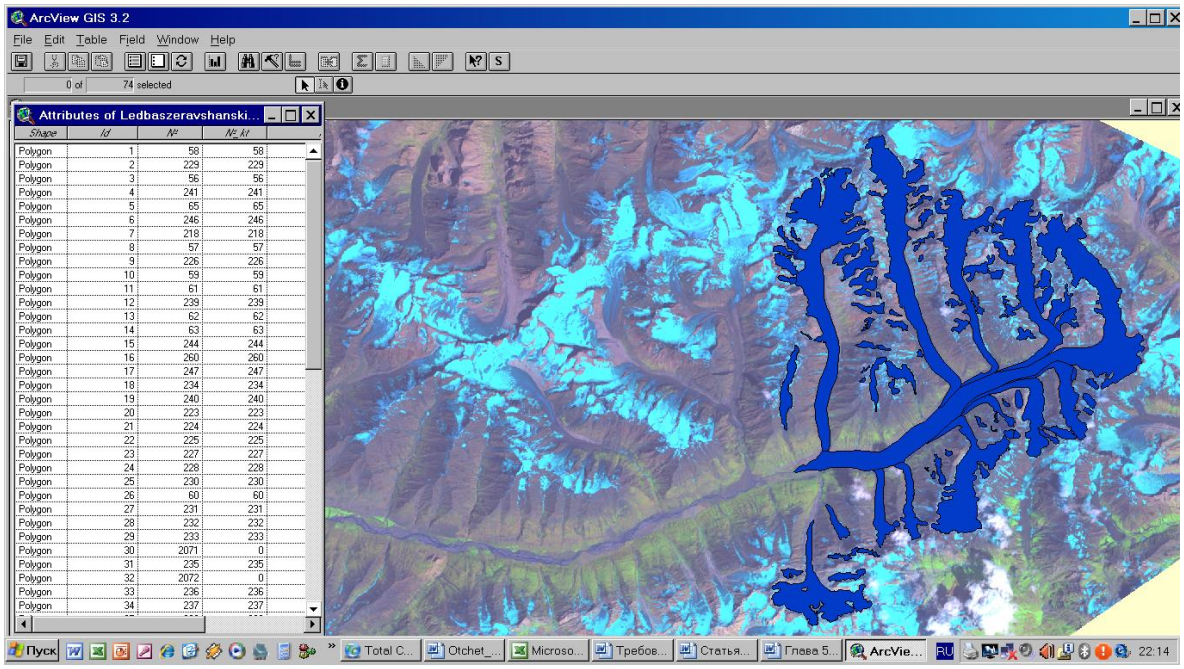


Рис. 8. Оцифрованные ледники бассейна ледника Зеравшанский

*Оцифровка ледников и оценка современного оледенения бассейна ледника Зеравшанский***.** Оцифровка ледников бассейна ледника Зеравшанский осуществлялась вручную с помощью программного обеспечения ArcView 3.2. В результате созданы ГИС-слои контуров ледников, представленные в виде полигональных слоев формата Shape ArcView. ГИС-слои имеют атрибутивную таблицу с идентификационной информацией (номерами, названиями ледников по Каталогу ледников по состоянию оледенения на 1957 год и площадями ледников по состоянию оледенения на 2017 год). На рисунке 8 изображены оцифрованные ледники бассейна ледника Зеравшанский и фрагмент таблицы атрибутов.

В условиях деградации оледенения в бассейне ледника Зеравшанский увеличилось количество мелких ледников с площадью менее 0,1 км^2. Если и в 1957 и 1980 году их количество составляло 12 ледников, то в 2017 году их число увеличилось до 16. В таблице 1 представлена площадь и количество ледников системы ледника Зеравшанский за разные годы инвентаризации по данным [7, 17] и данным 2017 года, полученным в результате проведенного исследования.

Таблица 1

Площадь и количество ледников бассейна ледника Зеравшанский
в разные годы инвентаризации

Бассейн	Площадь ледников, км^2			Количество ледников		
	1957 г.	1980 г.	2017 г.	1957 г.	1980 г.	2017 г.
Бассейн ледника Зеравшанский	162,02	141,62	134,67	72	63	**72**

Как уже отмечалось выше, по неизвестным причинам в Каталоге [17] по состоянию оледенения на 1980 год отсутствуют сведения о ледниках: №204 – 0,7 км^2, № 205 – 1,2 км^2, №206 – 1,4 км^2, №210 – 0,6 км^2, №211 – 0,6 км^2, №212 – 0,9 км^2, №213 – 0,7 км^2. Эти ледники показаны на рисунках 9 и 10.

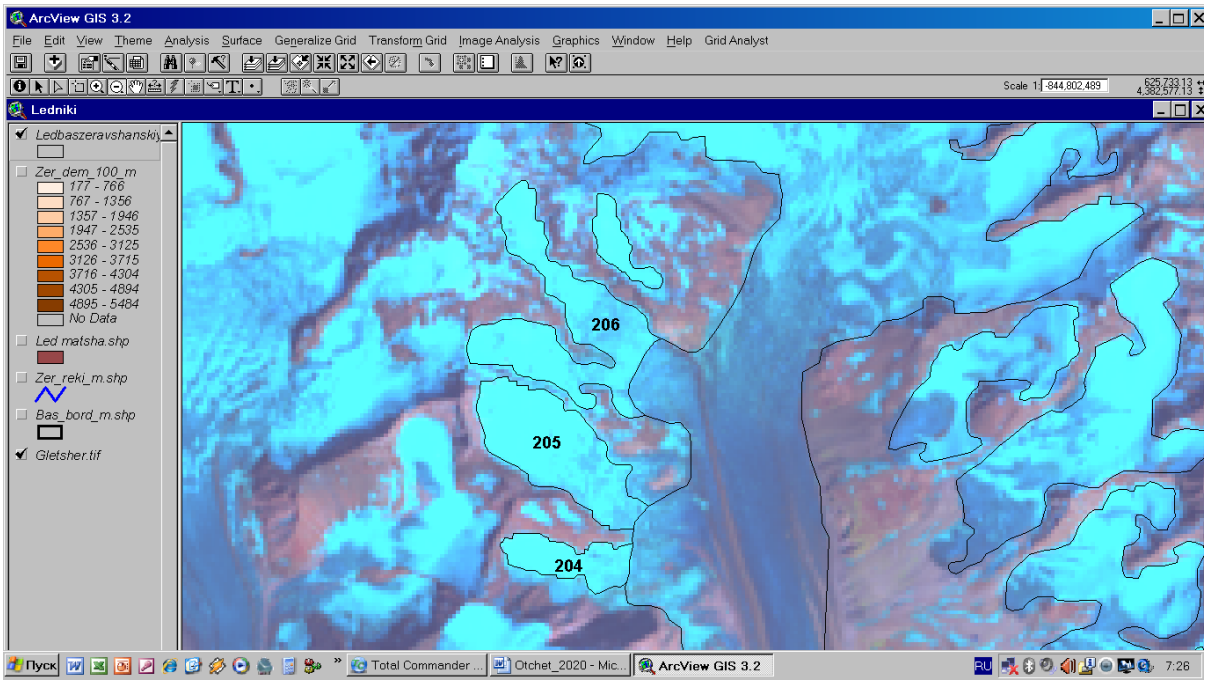


Рис. 9. Оцифрованные ледники №204, № 205, №206 бассейна ледника Зеравшанский

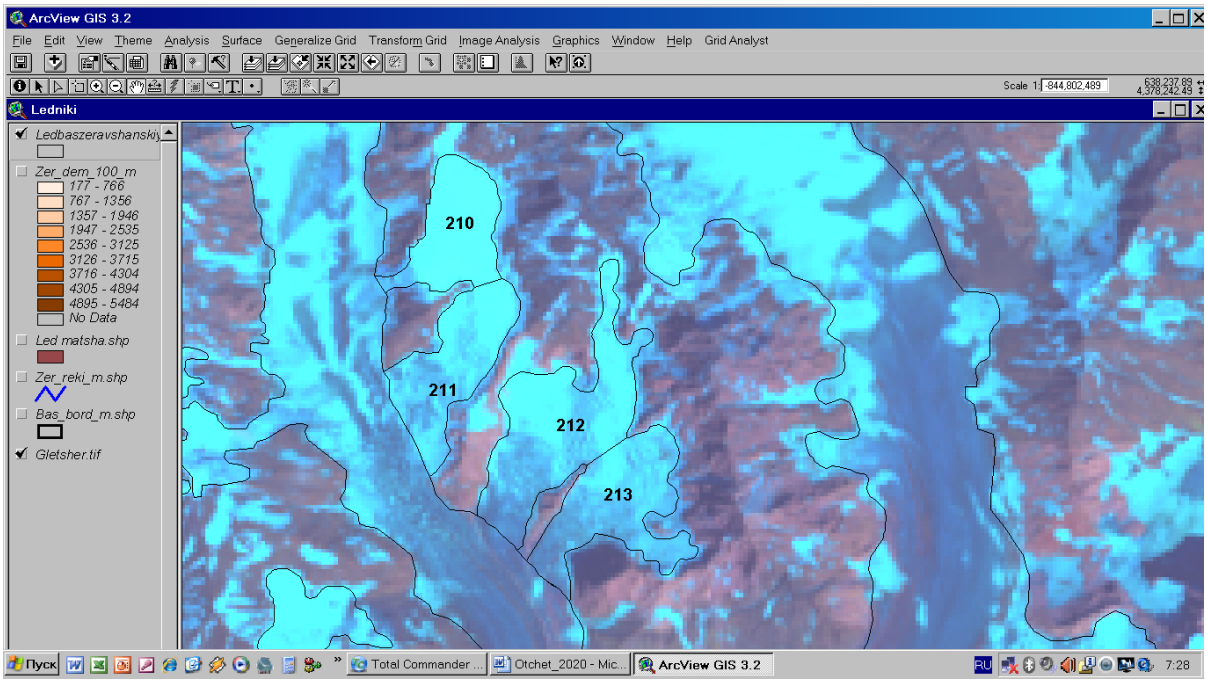


Рис. 10. Оцифрованные ледники №210, №211, №212, №213 бассейна ледника Зеравшанский

Допустить, что эти ледники исчезли (растаяли) на момент инвентаризации в 980 г., а потом появились (восстановились) к моменту инвентаризации 2017 г., по всей видимости, невозможно. Для того, чтобы корректно оценить средние годовые темпы деградации оледенения бассейна ледника Зеравшанский за периоды 1957-1980 гг. и 1980-2017 гг. мы поступили следующим образом. Из общих площадей оледенения 1957 года и 2017 года были исключены соответствующие площади ледников №204, №205, №206, №210, №211, №212, №213. Результаты представлены в таблице 2, там же представлены средние годовые темпы деградации оледенения бассейна ледника Зеравшанский за периоды 1957-1980 гг. и 1980-2017 гг.

Таблица 2

Среднегодовые темпы деградации оледенения бассейна ледника Зеравшанский

Бассейн	Площадь ледников, км^2			Средние годовые темпы деградации оледенения, %	
Бассейн ледника Зеравшанский	1957 г.	1980 г.	2017 г.	1957-1980 гг.	1980-2017 гг.
	156,02	141,62	129,91	0,42	0,24

Как видно из таблицы 2, по нашим расчетам за период с 1980 г. по 2017 г. средние годовые темпы деградации оледенения бассейна ледника Зеравшанский почти в два раза ниже, чем за период с 1957 г. по 1980 г.: 0,24% в год и 0,42% в год, соответственно. Замедление темпов деградации оледенения на Центральном Памире и на территории Памиро-Алая отмечено в работах Коновалова В.Г. [5] и Глазырина Г.Е. [3]. Авторами работы [12] отмечается замедление скорости деградации оледенения в бассейнах рек Пскем, Шахимардан и Сурхандарья. «При этом ледники в бассейне Пскема и Шахимардана приходят в состояние близкое к стационарному» [12, стр. 53].

Выводы. Изучение горных ледниковых систем на современном этапе связано с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса и с применением географических информационных технологий. Данная работа посвящена изучению современного состояния оледенения бассейна ледника Зеравшанский. В итоге получены следующие результаты:

– созданы ГИС-слои контуров ледников, представленные в виде полигональных слоев формата Shape ArcView. ГИС-слои имеют атрибутивную таблицу с идентификационной информацией (номерами, названиями в соответствии с Каталогом ледников по состоянию оледенения на 1957 год и площадями ледников на дату исследования –август 2017 года);

– определено общее количество ледников в бассейне ледника Зеравшанский, определена суммарная площадь оледенения, рассчитаны темпы деградации за разные периоды лет: 1957-1980 гг. и 1980-2017 гг.

По состоянию оледенения на 2017 год бассейн ледника Зеравшанский объединяет 72 ледника общей площадью 134,67 км^2. В результате проведенных расчетов за период с 1980 г. по 2017 г. средние годовые темпы деградации оледенения бассейна ледника Зеравшанский почти в два раза ниже, чем за период с 1957 по 1980 годы и составили 0,24% в год и 0,42% в год, соответственно.

Использованная литература:

1. Вилесов Е.Н. Современные изменения климата и оледенения в бассейне реки Талас // Вопросы географии и геоэкологии. 2014. № 4. С. 38-44.

2. Глазырин Г.Е., Щетинников А.С. Состояние оледенения Гиссаро-Алая в последние десятилетия и возможная его динамика в связи с будущими изменениями климата // Материалы гляциологических исследований. Вып. 90. Москва, 2001. С. 126-129.

3. Глазырин Г.Е., Кадама Ю. Оценка изменения оледенения в переходном режиме при изменениях климата // Материалы гляциологических исследований. Хроника. Обсуждения. Вып. 64. Москва, 2003. С. 212-215.

4. Глазырин Г.Е. Сведения о системе гидрометеорологического мониторинга в Узбекистане. Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии // Материалы международного семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 2006. С. 139-161.

5. Десинов Л.В., Коновалов В.Г. Дистанционный мониторинг многолетнего режима оледенения Памира // Материалы гляциологических исследований. Хроника. Обсуждения. Вып. 103. Москв, 2007. С. 129-133.

6. Евдокимов С.И., Михалап С.Г. Определение физического смысла комбинации каналов снимков Landsat для мониторинга состояния наземных и водных экосистем // Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». 2015. № 7. С. 21-32.

7. Каталог ледников СССР. Том 14. Вып. 3. Ч. 1, 2. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. 120 с.

8. Карандаева Л.М. Оценка современного оледенения бассейна реки Пскем по данным ASTER TERRA // Труды НИГМИ. 2004. Вып. 3 (248). С. 96-100.

9. Климов С.И., Сергеева О.А., Мухтаров Ш.Т. Оценка скорости деградации оледенения в бассейнах рек Чирчик, Чаткал, Кашкадарья и Сурхандарья // Бюллетень «Изменение климата. Причины, последствия и меры реагирования». Выпуск №10. Ташкент, 2016. С. 51-63.

10. Коновалов В.Г. Прошлые и перспективные изменения состояния ледников Центральной Азии // Лед и снег. 2011. 3 (115). С. 60-68.

11. Кристоф Меер, Вилфрид Гааг, Астрид Ламбрехт. Новый кадастр ледников для бассейна верхнего Нарына и первые результаты экспедиции 2010 года // Сборник рефератов докладов Международного научного симпозиума «Вода в Центральной Азии». Ташкент, 2010. С. 61.

12. Кудышкин Т.В., Тарасов Ю.А., Яковлев А.В. Изменение оледенения речных бассейнов с преобладанием малых ледников во второй половине XX – начале XXI века // Вопросы географии и геоэкологии. 2014. № 4. С. 45-54.

13. Осипов Э.Ю., Осипова О.П. Динамика оледенения в горах Юга Восточной Сибири за последние 160 лет // Снег и лед. Вып. 2 (130). Москва: Наука, 2015. С. 33-41.

14. Щетинников А.С. Изменение размеров оледенения Памиро-Алая за 1957-1980 годы // Труды МГИ. 1993. Вып.76. С. 77-83.

15. Щетинников А.С. Морфология оледенения речных бассейнов Памиро-Алая по состоянию на 1980 год (справочник). Ташкент, 1997. 149 с.

16. Щетинников А. С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ташкент, 1998. 216 с.

17. Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay Glaciation for 1980 (database of S.A. Schetinnikov), compiled by Prof. G.E. Glazirin, M.G. Glazirina. Almaty, 2012. 565 p.

18. Quantum GIS. [Электронный ресурс]: URL: http://www.qgis.org/ru/site/.URL: http:// earthexplorer.usgs.gov/.

References:

1. Vilesov E.N. (2014), Modern climate changes and glaciers in the Talas river basin, *Questions of geography and geoecology.* № 4, pp. 38-44. (In Russ.).

2. Glazyrin G.E., Shchetinnikov A.S. (2001), The state of glaciation in the Gissar-Alai in recent decades and its possible dynamics in connection with future climate changes, *Materials of glaciological research*, Issue 90, Moscow, pp. 126-129. (In Russ.).

3. Glazyrin G.E., Kadama Yu. (2003), Assessment of changes in glaciation in a transitional regime under climate change, *Materials of glaciological research. Chronicle. Discussions*, Issue 64, Moscow, pp. 212-215. (In Russ.).

4. Glazyrin G.E. (2006), Information about the system of hydrometeorological monitoring in Uzbekistan. Snow-ice and water resources of the high mountains of Asia, *Materials of the international seminar "Assessment of snow-ice and water resources of Asia"*, Almaty, pp. 139-161. (In Russ.).

5. Desinov L.V., Konovalov V.G. (2007), Remote monitoring of the long-term regime of glaciation in the Pamirs, *Materials of glaciological research. Chronicle. Discussions,* Issue 103, Moscow, pp. 129-133. (In Russ.).

6. Evdokimov S.I., Mikhalap S.G. (2015), Determination of the physical meaning of the combination of Landsat imagery channels for monitoring the state of terrestrial and aquatic ecosystems, *Bulletin of the Pskov State University. Series "Natural and physical and mathematical sciences"*, No. 7, pp. 21-32. (In Russ.).

7. *Catalog of glaciers of the USSR.* (1982), Volume 14. Issue 3. Part 1, 2. Leningrad, 120 p. (In Russ.).

8. Karandaeva L.M. (2004), Assessment of modern glaciation of the Pskem river basin according to ASTER TERRA, *Proceedings of NIGMI*, Issue. 3 (248), pp. 96-100. (in Russ.).

9. Klimov S.I., Sergeeva O.A., Mukhtarov Sh.T. (2016), Assessment of the rate of glaciation degradation in the basins of the Chirchik, Chatkal, Kashkadarya and Surkhandarya rivers, *Bulletin «Climate change. Causes, consequences and response measures,.* Issue No. 10. Tashkent, pp. 51-63. (in Russ.).

10. Konovalov V.G. (2011), *Past and prospective changes in the state of Central Asian glaciers, Ice and snow,* 3 (115), pp. 60-68. (in Russ.).

11. Christoph Meer, Wilfried Haag, Astrid Lambrecht. (2010), A new inventory of glaciers for the Upper Naryn basin and the first results of the 2010 expedition, *Collection of abstracts of reports of the International Scientific Symposium "Water in Central Asia"*, Tashkent, p. 61. (in Russ.).

12. Kudyshkin T.V., Tarasov Yu.A., Yakovlev A.V. (2014), Changes in glaciation of river basins with the predominance of small glaciers in the second half of the XX - beginning of the XXI century, *Questions of geography and geoecology*, No. 4, pp. 45-54. (in Russ.) .

13. Osipov E.Yu., Osipova O.P. (2015), Dynamics of glaciation in the mountains of the South of Eastern Siberia over the past 160 years, *Snow and ice,* Issue 2 (130), Moscow, pp. 33-41. (in Russ.).

14. Shchetinnikov A.S. (1993), Change in the size of the Pamir-Alai glaciation for 1957-1980, *Proceedings of the Moscow State University*, Issue 76, pp. 77-83. (in Russ.).

15. Shchetinnikov A.S. (1997), *Morphology of glaciation of the Pamir-Alai river basins as of 1980, (handbook)*, Tashkent, 149 p. (in Russ.).

16. Shchetinnikov A. S. (1998), *Morphology and regime of the Pamir-Alai glaciers*, Tashkent, 216 p. (in Russ.).

17. *Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay Glaciation for 1980* (2012) (database of S.A. Schetinnikov), compiled by Prof. G.E. Glazirin, M.G. Glazirina, Almaty, 565 p.

18. *Quantum GIS. [Electronic resource]:* URL: http://www.qgis.org/ru/site/.URL: http:// earthexplorer.usgs.gov /.

Сведения об авторах:

Карандаев Сергей Витальевич – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), старший научный сотрудник. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Карандаева Лидия Михайловна - Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), заведующая отделом, кандидат географических наук. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Information about authors:

Karandaev Sergey - Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Senior Researcher. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Karandaeva Lidiya - Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), head of the department, PhD in Geographical Sciences. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Для цитирования:

Карандаев С.В., Карандаева Л.М. Оценка современного оледенения бассейна ледника Зеравшанский // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2021. № 3-4. С. 75-86.

For citation:

Karandaev S.V., Karandaeva L.M. (2021), Assessment of current glaciation of the Zeravshansky glacier basin, *Central Asian journal of the geographical researches*, No 3-4, pp. 75-86. (In Russ.).