

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА БАССЕЙНА РЕКИ КАШКАДАРЬЯ И ИХ СОВРЕМЕННЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© **Т.Ю.Сабитов**, доктор философии (PhD) по географическим наукам, руководитель отдела проектного управления

Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан. Ташкент, Узбекистан.

© **Н.И. Сабитова**, доктор географических наук, профессор кафедры Физическая география, Ташкент, Узбекистан

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

© **М.А. Петров**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заведующий отдела гляциальной геологии. Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева. Ташкент, Узбекистан

Ключевые слова. Дистанционное зондирование, горные ледники, климат, каталог, морфологические характеристики, экспозиция, крутизна, площадь

Аннотация. Установлены современные морфометрические данные (экспозиция, крутизна, площадь, средние и максимальные уклоны) ледников бассейна реки Кашкадарья. Используются космические снимки высокого разрешения

CHANGES IN ICE COVER OF THE KASHKADARYA RIVER BASIN AND THEIR MODERN MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS

© **T.Yu. Sabitov**, Doctor of Philosophy (PhD) in Geographical Sciences, Head of the Project Management Department

Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, Uzbekistan.

© **N.I. Sabitova**, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Physical Geography, Tashkent, Uzbekistan

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

© **M.A. Petrov**, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, senior researcher, head of the department of glacial geology. Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaeva. Tashkent, Uzbekistan

Keywords. Remote sensing, mountain glaciers, climate, catalog, morphological characteristics, exposure, steepness, area

Annotation. Modern morphometric data (exposure, steepness, area, average and maximum slopes) of glaciers in the Kashkadarya River basin have been established. High-resolution satellite images were used

В статье приводятся результаты оценки изменения площади оледенения бассейна реки Кашкадарья в следствии изменения климата. Основная цель проводимых исследований — формирование базы данных морфометрических показателей (экспозиция, крутизна, площадь, средние и максимальные уклоны) и моделирование процесса изменения площади ледников горных систем бассейна реки Кашкадарья с применением ГИС систем на базе дистанционных космоснимков высокого разрешения. Исследования направлены для

последующее издание каталога Ледников Республики Узбекистан. Работа проводилась сотрудниками Национального Университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека Факультета Географии и геоинформационных систем и Центра гляциальной геологии Института геологии и геофизики им. Абдуллаева Х.М.¹

Климатическая ситуация в Центральной Азии за последнее столетие характеризуется тем, что на западной периферии Среднеазиатской горной системы горизонтальные и вертикальные градиенты температуры воздуха меняются во времени. Ледниковые запасы, сосредоточенные в горных районах Узбекистана, являются многолетними важнейшими источниками чистой пресной воды. Для оценки современного и будущего состояния ледового покрова, создания математических моделей расчета скорости отступления ледника, необходимы сведения о их площади и линейных размерах, их положения на местности, экспозиции, крутизне и величины моренного чехла на языке ледника. Данные сведения являются базовыми в содержании Каталога ледников.

Первая оценка динамики оледенения была выполнена в начале XX века и данные исследований включены в первый Каталог ледников Средней Азии изданный Н.Л. Корженевским в 1930 году [Корженевский, 1930]. В каталог внесены доступные в то время, сведениях о ледниках, такие как географические координаты, нижняя граница льда. В дальнейшем, в 1969 г. под руководством А.С. Щетинникова подготовлен Каталог ледников Кашкадарьи и Сурхандарьи [Каталог...1969]. В данном каталоге, с помощью анализа крупномасштабных топографических карт и дешифрирования, при помощи стереоскопа аэрофотоснимков, выполненных в 1953 году, получены морфометрические характеристики ледников.

В настоящее время для получения и обновления информации о современном состоянии площади оледенения используются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) и программные продукты для распознавания объекта исследования – ГИС [Semakova, Semakov, 2017], [Glazirin, Semakova, 2018], [Вилесов, 2018], [Yakovlev, Batirov, 2003], [Petrov, Sabitov, 2017] и др. Во многих государствах дальнего зарубежья, а также СНГ в разные годы большое внимание уделяют изучению высокогорных ледников, с использованием космических снимков со спутника Landsat с разрешением 15 м с последующим использованием ГИС и программ ArcGIS и MapInfo. Данным методом составлен новый Каталог ледников Казахстана для высокогорных территорий [Усманова, 2014].

В 2018 году был опубликован Каталог ледников Кыргызстана [Шабунин., 2018], новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016-2019) [Хромова, Носенко, Глазовский, Муравьев, Никитин, Лаврентьев, 2021], Центром изучения ледников в 2023 издан «Атлас-Каталог бассейна ледника Федченко» из серии Каталога ледников Таджикистана.

¹Проект «Изучение динамики деградации ледников в горных системах Узбекистана на основе дистанционного зондирования». Научный руководитель Сабитова Н.И. Исполнители: Тойчиев Х.А., Петров М.А., Ни А.А., Сабитов Т.Ю., Мамиров Х.А. Ташкент. НУУз, 2021-2023.

В статье приведены результаты определения современных морфометрических параметров ледников бассейна реки Кашкадарья. В исследовании использовались два вида снимков, первый — это радиолокационные снимки, полученные миссией SRTM за 2002 г. Эти снимки получены в результате работы международного исследовательского проекта по созданию цифровой модели высот Земли с помощью радарной топографической съемки её поверхности. Второй — это снимки видимого спектра высокого разрешения доступные с открытых для использования платформ, таких как Google earth, Bing, Esri и другие. Снимки обладают высоким пространственным разрешением до (0,5 м), которые в дальнейшем были от дешифрованы, индцированы местоположения ледников на снимках со схемами и топографическими картами масштаба 1:100 000, а также построена цифровая модель рельефа на основе SRTM, и ALOS Palsar. В дальнейшем, проведена инвентаризация и получены ГИС – слои ледников, которые представлены в виде полигональных слоев формата shapefile. ГИС - слоям назначена географическая система координат широта-долгота на сфероиде WGS84, UTM Zone 42N, атрибутивная таблица. Данная базовая таблица имеет поля с идентификационной информацией (номер речных бассейнов разного порядка, согласно Водному Кадастру, в которых расположен тот или иной ледник, а номер ледника обозначен в соответствии с номером в Каталоге ледников, составленного А.С.Щетинниковым по состоянию на 1980 год [Щетинников,1980]. К цифровой модели рельефа также были привязаны точки спутникового позиционирования (GPS), проведенного в полевых условиях на ледниках. Полученные результаты позволили определить площадные и высотные характеристики современного состояния оледенения верховьев рек Кашкадарья, также установить морфометрические характеристики: значения конечной, начальной и средней высоты ледника, площадь оледенения, периметр, средний, и максимальные уклоны, экспозицию ледника.

Кроме приведенных в таблицах морфометрических характеристик ледников, бассейну реки Кашкадарья прилагается территориальная схема расположения ледников (рис.1). На этой схеме указывается гидрографическая сеть, расположение и название горных хребтов, контуры самих ледников с присвоенным им номером.

В отличие от ранее изданных каталогов ледников, в которых не приведены сведения о географических координатах местоположения ледников, в проведенных нами исследованиях выполнено векторное покрытие гидрографической сети бассейна реки Кашкадарья на базе цифровой модели рельефа местности (SRTM).

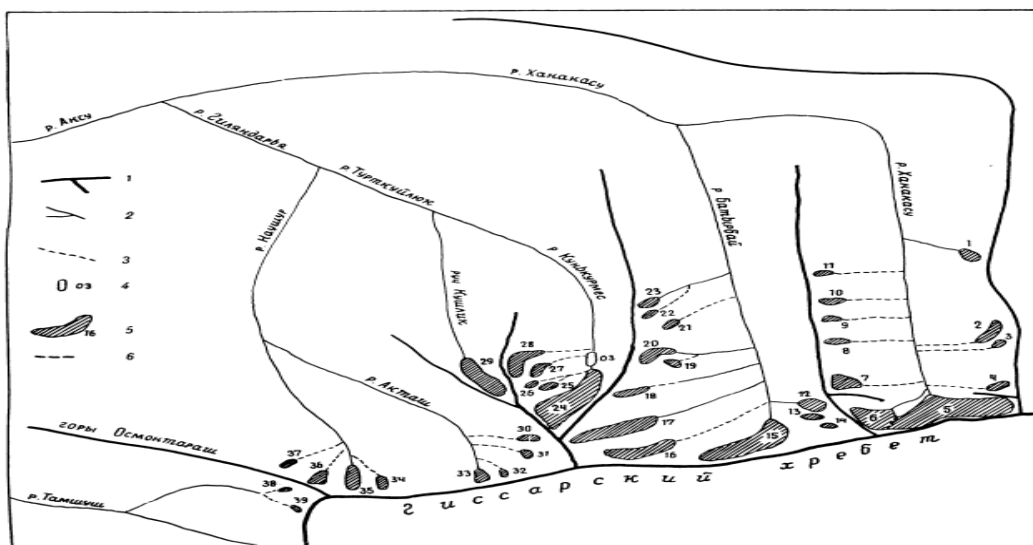


Рисунок. 1. Схема расположения ледников в бассейне реки Кашкадарья
[Подкопаев, Щетинников, Каталог 1969]

Проведен сравнительный анализ гидрографической сети бассейнов малых рек, расположение водораздельных хребтов и тальвегов долин, а также местоположение самих ледников, по отношению их друг к другу. В дальнейшем, производилась идентификация ледников с приведенными в каталоге схемой. В некоторых затруднительных случаях, для визуального контроля и идентификации местности использовались ресурсы Google Earth, с подключаемой 3D моделью местности [Галахов,2001], позволяющей производить анализ спутникового снимка с различных точек визирования. На основе данных SRTM, была построена карта рельефа местности и проведены горизонталы через каждые 200 м. На ней так же были отмечены местоположения ледников, их порядковый номер по каталогу и высотные отметки. Построенная схема ледников отражает максимальную, минимальную и среднюю высоту ледников, а также показывает их порядковый номер.

Распределение высот оледенения отражает максимальную, минимальную и среднюю высоту ледников, а также показывает их порядковый номер. Из анализа следует, что средняя высота оледенения по Кашкадарьинской области 3847 метров, максимальная высота оледенения 4335 метров и минимальная высота равна 3378 метрам. Среднее стандартное отклонение средних высот ледников составляет 50 метров. Экспозиция склонов, то есть пространственная ориентация склона по отношению стран света имеет решающее значение в распределении ледников и их мощности.

Основываясь на данных о рельефе местности, была так же составлена карта уклонов и экспозиций для Кашкадарьинского района исследований. Наибольшие высоты ледников наблюдаются в севере западной части района исследований, у ледников – правых притоков реки Аксу. Большая часть оледенения сосредоточена именно в северо-западной части Кашкадарьинской области.

На рис.2. представлена график распределения площади оледенения по экспозиции и их уклон, а на снимке (рис. 3-4) схема расположения ледников

оледенения. Крутизна распределения отражает средний уклон ледников равный 29.7 градусам с колебаниями от 10 до 50 градусов. В зависимости от значений уклонов, есть возможность сделать выводы о типах ледников.

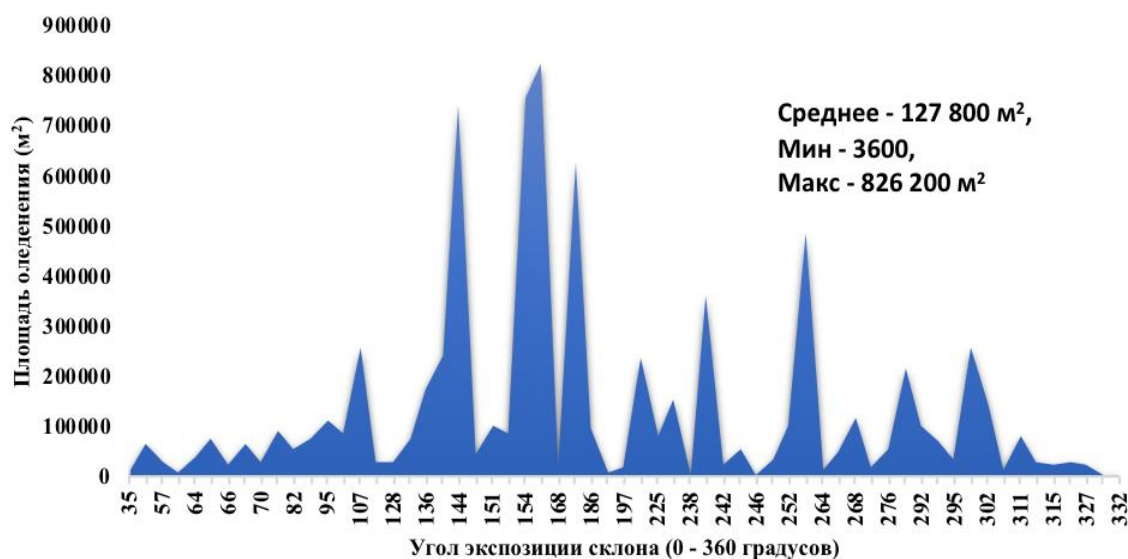


Рисунок 2. График распределения площади оледенения по экспозициям склонов, бассейн реки Кашкадарья

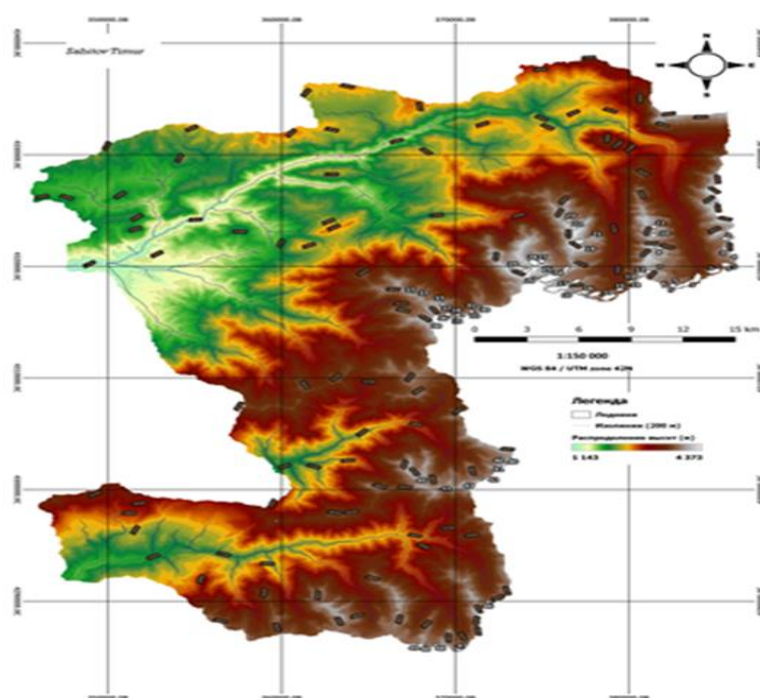


Рисунок 3. Карта-схема расположения ледников, а также положения ледников относительно экспозиции и их уклоны, на основе SRTM с 30метровым разрешением и проведёнными изолиниями через каждые 200 метров с высотными отметками.

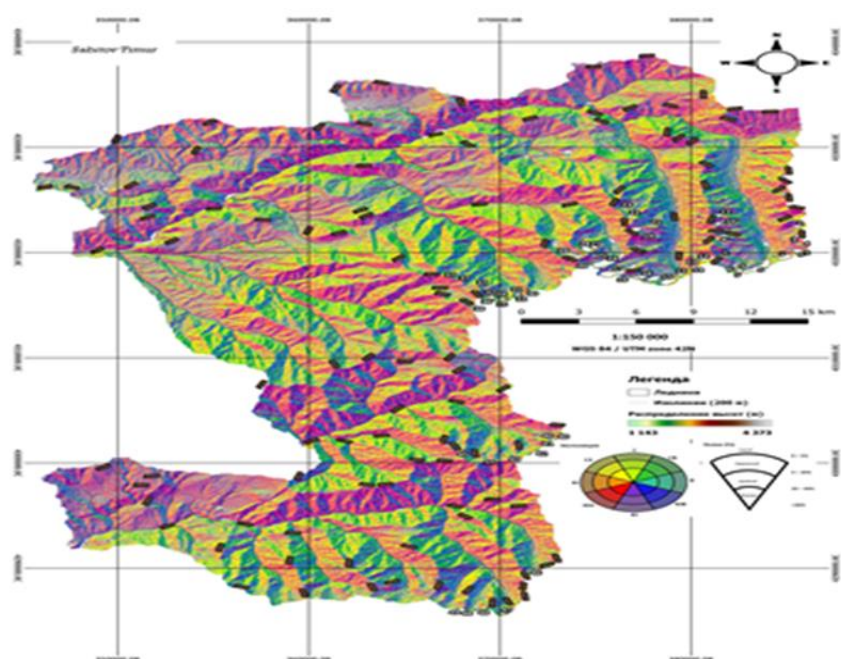


Рисунок 4. Карта схема расположения ледников, а также высот построенная на основе SRTM с 30метровым разрешением и проведёнными изолиниями через каждые 200 метров с высотными отметками

В результате проведенных исследований установлено, что общая площадь оледенения в бассейне реки Кашкадарья составляет 13,4 км², то есть с 1957 по 2020 г наблюдается сокращение оледенения на 60%.

Литература

1. Атлас-Каталог бассейна ледника Федченко. Таджикистан. Центром изучения ледников. Национальной академии наук Таджикистана. 2023.- 1200с. <https://cryosphere.tj/ru/index.php/o-nas-pishut/>
2. Корженевский Н. Л. Каталог ледников Средней Азии [Электронный ресурс]. - Ташкент, 1930 (2016). - 200 с.
3. Вилесов Е.Н. Изменение размеров и состояния ледников Казахстана за 60 лет (1955-2015). Лёд и Снег.2018. Т.58. №2. С.159-170.
4. Галахов В. П., Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения. Новосибирск: Наука, 2001.- 130 с.
5. Усманова З.С. Оценка изменений ледников бассейнов рек Шарын и Текес (казахстанская часть бассейна реки Иле) по данным космического мониторинга // Вестник КазНУ. Серия геогр. – 2014. – № 1 (38). – С. 72-79.
6. Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Глазовский А.Ф., Муравьев А.Я., Никитин С.А., Лаврентьев И.И. Новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016-2019). Лёд и Снег. 2021 т.61. №3. Стр.341-358
7. Щетинников А.С. Каталог ледников СССР. Том 14. Вып. 3 и 4. Бассейн реки Кашкадарья и Сурхандарья. Ленинград. Гидрометеиздат,1969. - 108 с.
8. Щетинников А.С. Каталог ледников СССР. Том 14. Средняя Азия. Редактор (ы): Виноградов О.Н., Рототаева О.В. Издание: Гидрометеиздат, Ленинград, 1980. - 89 с.
9. Шабунин А.Г. Каталог ледников Кыргызстана. Центральнo-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ). Бишкек. 2018. <http://www.caiag.kg/phocadownload/projects/Catalogue.pdf>. -709 с.
- 10.Semakova E., Gunasekara K., Semakov D. Identification of glaciers and mountain naturally dammed lakes in the Pskem, Kashkadarya and the Surhandarya River basins, Uzbekistan,

using ALOS satellite data. //Geomatics, Natural Hazards and Risk.-2015. <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2016.1081-1098> p.

11. Petrov, M.A., Sabitov, T.Y., Tomashevskaya, I.G., Glazirin, G.E., Chernomorets, S.S., Savernyuk, E.A., Tutubalina, O.V., Petrakov, D.A., Sokolov, L.S., Dokukin, M.D. and Mountrakis, G., 2017. Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan. *Science of the Total Environment*, 2017, 592, pp.228-242.

12. Yakovlev A., Batirov R., Monitoring of Mountain Glaciers and Glacial Lakes using ASTER Space Images, Proceeding of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, Japan, 2003, Vol. 2, 1042-1047 p.