УДК 556.55 https://doi.org/10.5281/zenodo.10395996

Суванкулов С.С.[1], Петров М.А.[1], Мамиров Х.А.[1], Акбаров Ф.Н.[1], Хисматуллин Т.И.[1], Сабитов Т.Ю.[2]

[1]Центр гляциальной геологии, Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева, Университет геологических наук, Министерство горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан
[2]Отдел экологического образования, Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ОЗЕР АРАШАН

Аннотация. *В статье изучены морфологические особенности озерной системы Арашан. По результатам проведенных в 2021 году полевых исследований получены новейшие данные о морфометрических параметрах озёрной системы. Эти данные получены путем обработки проведенных в озерах батиметрических измерений и расчётов с применением ГИС (в данном случае – ArcGIS). Полученные результаты сравнены с данными А.М. Никитина, представленными в 1987 году. В частности, установлено, что площадь водосбора озера Арашан Круглый составляет 1,6 км^2, в то время, как, по данным А.М. Никитина, это значение равно 5,5 км^2, поскольку получено с применением ныне устаревших методик. Суммарная площадь водного зеркала Арашанских озер имеет значение F = 0,311 км^2. Общий водозапас в озерной системе составил W = 1,903 млн м^3 на июль 2021 года, что на 8% меньше определенного А.М. Никитиным. Построены карты рельефа дна озер системы Арашан. Отслежены ходы температуры воды и уровня водной поверхности, определено запаздывание между изменением первой и второй характеристикой (4 часа при повышении и 2 часа при понижении).*

Ключевые слова*: горные озера, Арашанская озерная система, батиметрия, морфология, морфометрические показатели.*

Suvankulov S.S.[1], Petrov M.A.[1], Mamirov Kh.A.[1], Akbarov F.N.[1], Khismatullin T.I.[1], Sabitov T.Yu.[2]

[1]Center of the Glacial Geology, Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev, University of geological sciences, Ministry of Mining Industry and Geology of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
[2]Department of Environmental Education, Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

DETERMINATION OF MORPHOLOGICAL AND MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE ARASHAN LAKE SYSTEM

Abstract. *In this study, based on the results of field studies conducted in 2021, the latest data on the morphological features and morphometric parameters of the Arashan lake system are analyzed. This data was obtained by processing bathymetric measurements carried out in lakes, and calculations using GIS (in this case ArcGIS). The results obtained are compared with the data of A.M. Nikitin, presented in 1987. In particular, it was found that the catchment area of Lake Arashan Krugly (Arashan Round) is 1.6 km^2, while according to A.M. Nikitin this value is 5.5 km^2, since it was obtained using methods now outdated. The total area of the water surface of the Arashan lakes has a value of F = 0.311 km^2. The total water reserve in the lake system was W = 1.903 million m^3 as of July 2021, which is 8% less than what determined by A.M. Nikitin. Maps of the bottom relief of the lakes of the Arashan system were created. The changes in water temperature and water surface level were tracked, the delay between the dynamics of the first and second characteristics was determined (4 hours with an increase and 2 hours with a decrease).*

Key words*: mountain lakes, Arashan lake system, bathymetry, morphology, morphometric parameters.*

Введение и постановка проблемы. Если обратиться к истории, люди жили на берегах рек или озер с древних времен. Даже сегодня озера представляют особый интерес для любителей природы. Поэтому в нашей стране проводится ряд работ по развитию экотуризма и сохранению природных озер в первозданном виде. В последние годы увеличивается туристический поток в район, где расположена система озер Арашан, характеризующийся уникальным физико-географическим и орографическим положением. С этой точки зрения изучение гидрологического режима этой системы озер, оценка их водных ресурсов, определение их морфологических и морфометрических показателей имеют актуальное практическое значение. В условиях нарастающего дефицита воды исследования горных озер (ледникового и завально тектонического генезиса) являются все более актуальными. Кроме того, нельзя не учитывать опасность их прорыва при совпадении нескольких триггерных условий. В последние годы этому уделяется всё больше внимания [16].

Изученность проблемы. Известно, что озёра, расположенные в верховьях Арашанской котловины, изучались рядом исследователей. Первые сведения об этих озерах были предоставлены этнографом, исследователем природы Средней Азии О.А. Шкапским в 1906 году в его работе «Две поездки в горы Ташкентского уезда». Исследователь организовал экспедицию в Арашанскую котловину 18-22 июня 1905 г. и провел гидрографическое описание верховьев котловины. Кроме того, О.А. Шкапский в своих работах упоминал о четырех имеющихся здесь озерах, оцененные им морфометрические показатели исследуемых озер были близки к их современным значениям [14].

Относительно полное описание системы озер Арашан дано в монографии «Озера Средней Азии», опубликованной в 1987 г. А.М. Никитиным [10]. В данной работе исследователь подробно привёл морфологические и морфометрические показатели озер, входящих в эту систему, исходя из значений, определенных им в ходе исследований.

Дальнейшие исследования связаны с работами, проведенными сотрудниками Института геологии и геофизики АН РУз по теме «Моренные и завальные озера Республики Узбекистан как дополнительный резерв водоснабжения и фактор потенциальной основы для зоны среднегорья». В 2015 году они провели специальные исследования в районе расположения системы озер Арашан. Однако работа указанных выше исследователей велась в определенном направлении, и они не уделяли должного внимания изучению динамики морфологических и морфометрических показателей озер [11].

Цель и задачи исследований. Основной целью данного исследования является изучение морфологии системы озер Арашан и определение их морфометрических показателей. Для достижения поставленной цели в статье освещаются гидрографические условия района, где расположена система озер Арашан, описывается система озер с морфологической точки зрения, определяются их морфометрические показатели. Полученные результаты сопоставляются с данными А.М. Никитина. С использованием ГИС-технологий создана карта рельефа дна озёр.

Материалы и методы. В ходе исследований для измерения глубин и определения местоположения фиксированной точки использовался эхолот «LOWRANCE-5 Elite DSi» и лодка. Точность определения пространственных координат встроенным в прибор GPS-датчиком составляет 3 метра, а точность измерения глубины гидролокационным датчиком – 5 см [6]. Эти значения точности полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к исследованиям. Данные, полученные в ходе полевых исследований, были обработаны с использованием технологий GIS (географические информационные системы). С помощью вышеперечисленных приборов данные промеров глубин озер позволили создать карту рельефа их чаш. Все эти работы были проведены в июле 2021 года сотрудниками Центра гляциальной геологии ИГГ с целью оценки запасов воды в районе расположения Арашанской озерной системы и

определения рельефа дна озера, в рамках темы «Эволюция оледенения Чаткало-Кураминской нивальной области и геохимическая характеристика моренных отложений».

Результаты и их обсуждение. Арашанская котловина расположена на юго-западных склонах Чаткальского хребта, в нивальной зоне. Этот бассейн является одним из основных водосборов на правобережье реки Ахангаран. Общая площадь Арашанской котловины составляет F = 116 км^2 [11]. Если рассматривать с гидрографической точки зрения, этот поток, начинающийся из системы озер, сливается с несколькими притоками, такими как Чингулсой и Шорбулоксой, пока не впадает в реку Ахангаран.

В бассейне четыре озера тектонического генезиса (рис. 1). В более высокой части Арашанской котловины, кроме этих озер, есть еще два озера ледникового происхождения. Ледниковые озера небольшие, и их общая площадь водного зеркала, определенная в программе GIS, составила F = 11325 м^2.

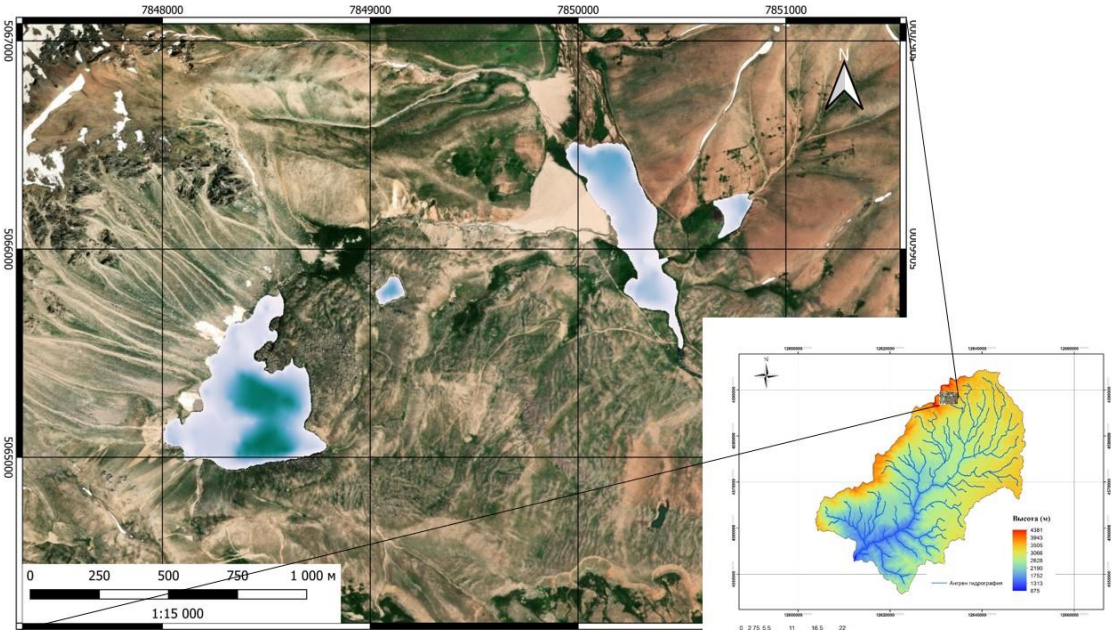


Рис. 1. Район расположения системы озер Арашан

Все озера Арашанской озерной системы, кроме Малого Арашанского озера, по характеру водообмена являются проточными. Так как озеро Арашан Большое расположено в нижней части долины, все озера этой системы впадают в него. Поэтому интенсивность водообмена в этом озере больше, чем в других озерах. Озеро Арашан Большое является самым длинным озером. Над поверхностью озера дуют горно-долинные ветры. Это создает рябь на озере. Велись наблюдения за температурой воды и режимом уровней воды Большого Арашанского озера.

Наблюдаемый уровень воды и среднесуточные колебания температуры воды в озере Большой Арашан за промежуток 2.06-7.06 2015 года представлены на рисунке 2 [13]. За наблюдаемый период минимальное значение уровня воды в озере составило $H_{мин}$ = 67 см, максимальное значение $H_{мак}$ = 71 см. Видно, что в этот период меняются и значения температуры воды в озере Большой Арашан. В этом случае значения колебались между $T_{мак}$ = 10,27 ℃ и $T_{мин}$ = 5,75 ℃. Следует отметить, что после того, как температура воды ($T_{вода}$℃) в озере начинает повышаться, уровень воды (H, см) увеличивается. Разница в подъеме этих двух значений составляет в среднем 4 часа. Когда температура воздуха падает, температура воды также падает. Это приводит к снижению уровня воды в ручье, сформированном в июне стоком из снеговых вод, характерных для бассейна. Однако задержка между падением температуры воды и минимальными значениями уровня воды составляет 2 часа. Процесс таяния снежного покрова резко снижается с момента прекращения поступления солнечной энергии в течение дня. С

этого времени озеро в основном питается подземными водами. В результате уровень воды снижается в соответствии с температурой воды.



Рис. 2. График суточного хода наблюдаемого уровня воды и температуры воды в озере Большой Арашан

Как указывалось выше, проводились батиметрические измерения в системе озер Арашан. Собранные в ходе этого процесса данные были обработаны и обобщены. На основе этой информации с использованием возможностей GIS была создана карта рельефа дна системы озер Арашан (рис. 3).

В результате обработки данных полевых исследований определен ряд морфологических и морфометрических параметров изученных озёр, список которых представлен ниже:

максимальная длина озера (L_{max}) – это длина прямой линии, соединяющей две точки на противоположных берегах, наиболее удаленные друг от друга по водной глади;

средняя ширина озера ($B_{сред}$) рассчитывается как отношение площади поверхности озера (F_o) к максимальной длине озера (L_{max}):

$$B_{сред} = \frac{F_o}{L_{max}} = \frac{0{,}104\ км^2}{0{,}73\ км} = 0{,}14\ км \qquad (1)$$

наибольшая ширина озера (B_{max}) – величина линии, соединяющей две точки, расположенные на наибольшем расстоянии друг от друга на противоположных берегах и при этом перпендикулярные максимальной длине озера;

средняя глубина озера ($h_{сред}$) определяется как отношение объёма воды в озере (V_o) к площади поверхности озера (F_o):

$$h_{сред} = \frac{V_o}{F_o} = \frac{0{,}445 \cdot 10^6 м^3}{0{,}104\ км^2} = 4{,}27\ м \qquad (2)$$

максимальная глубина озера (h_{max}) определяется на основании сопоставления данных, полученных в результате выполненных в озерах глубиномерных работ;

длина береговой линии озера (l_o) определяется длиной изобаты «0», разграничивающей берега;

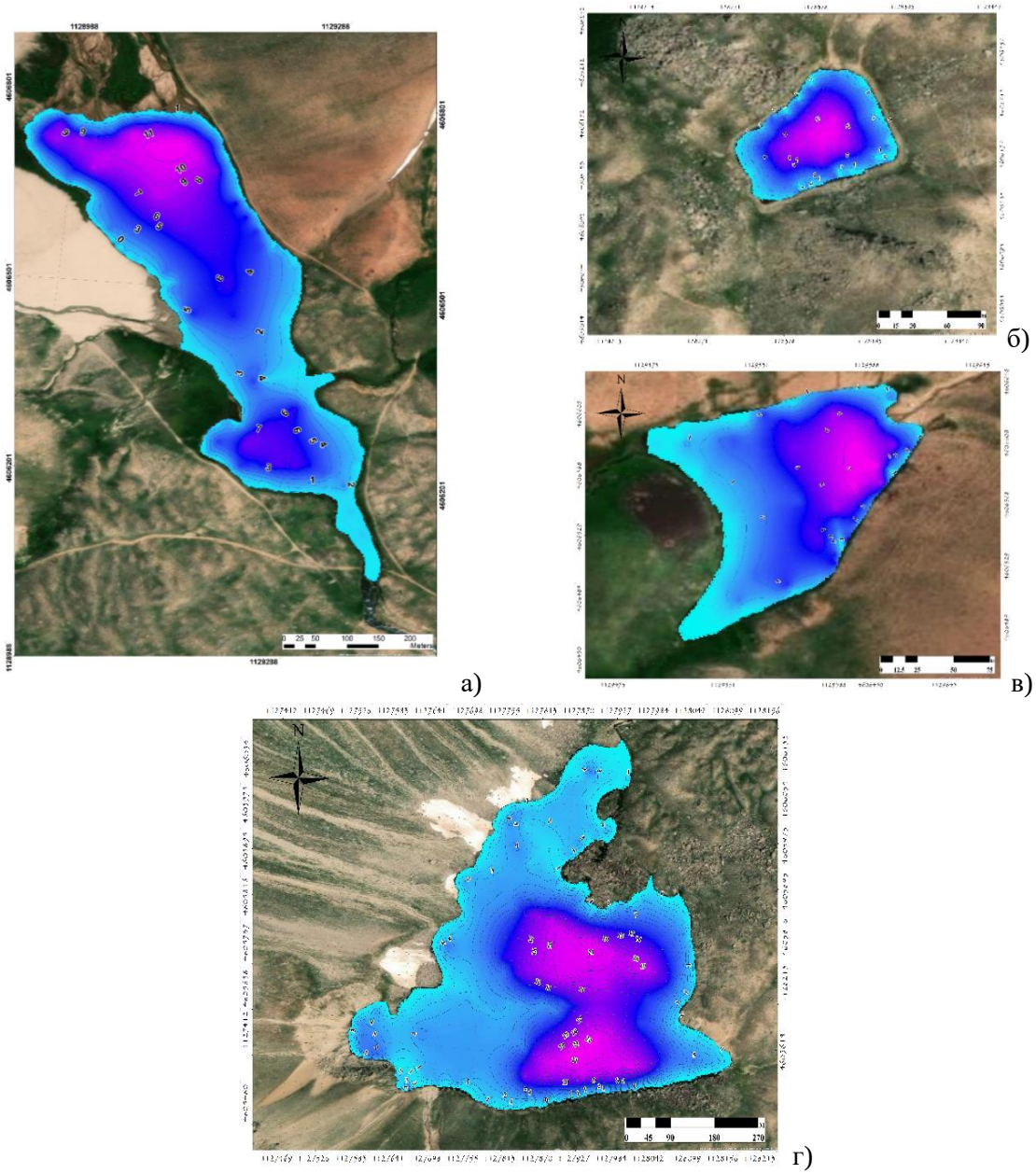


Рис. 3. Карты рельефа дна озер системы Арашан: а) Арашан Большое, б) Арашан Малое, в) Арашан Ходжа, г) Арашан Круглое

площадь водной поверхности озера (F_o), где учитывается только водная поверхность в пределах изобаты «0»;

объем озера (V_o) – это объем воды, доступный в озере. Его значение может быть определено одним из следующих выражений:

$$V_к = \frac{\Delta h \cdot \sum_{i=0}^{n}(f_i + f_{i+1})}{2} + \frac{\Delta h' \cdot h_n}{3} = 0{,}445 * 10^6 \text{ м}^3 \quad (3)$$

где: Δh ― разность изобат, h' - разница между нижней изобатой и наибольшей глубиной, i = 0,1...n –количество (порядок) изобат; $f_i + f_i + 1$ ― области, ограниченные изобатами;

Кривизна береговой линии озера является количественной мерой формы береговой линии и определяется как:

$$К_э = \frac{l_0}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot F_0}} = \frac{1{,}9 \text{ км}}{2 \cdot \sqrt{3{,}14 \cdot 0{,}104 \text{ км}^2}} = 1{,}66 \quad (4)$$

Индекс длины озера, то есть величина, определяемая отношением длины озера (L_{max}) к его средней ширине ($B_{сред}$):

$$К_{длин} = \frac{L_{max}}{B_{сред}} = \frac{0,73}{0,14} = 5,21 \quad (5)$$

Показатель компактности озера определяется отношением средней ширины к максимальной ширине:

$$К_{их} = \frac{B_{сред}}{B_{мак}} = \frac{0,14\ км}{0,21\ км} = 0,66 \quad (6)$$

Коэффициент развития береговой линии озера представляет собой величину, определяемую отношением длины береговой линии (l_o) к длине окружности круга, равновеликого площади озера:

$$К_o = \frac{0,28\ L_o}{\sqrt{f(F_o)}} = \frac{0,28 \cdot 1,9\ км}{\sqrt{2*\pi*F_o}} = 0,50 \quad (7)$$

Условия развития озера и протекающие в нем динамические и тепловые процессы во многом определяются формой озерной котловины. Для численной характеристики этого морфологического параметра существует показатель «ёмкости», рассчитываемой как отношение средней глубины ($h_{сред}$) к наибольшей (h_{max}):

$$С_1 = \frac{h_{сред}}{h_{max}} = \frac{4,3}{11,5} = 0,37 \quad (8).$$

Эти значения сравнивались с данными А.М. Никитина (табл. 1).

Таблица 1

Морфологические и морфометрические показатели озер Арашан

Показатели		Единицы	Большой Арашан	Круглый Арашан	Малый Арашан	Арашан (Ходжа)
По А.М. Никитину (1987)						
Площадь водосбора		км^2	17,6	5,5	-	0,8
Высота над ур. м.		м	2790	2898	2875	2800
Длина		км	0,704	0,62	0,116	0,196
Ширина	сред	км	0,17	0,29	0,052	0,102
	наиб.		0,21	0,52	0,074	0,138
Глубина	сред	м	4,7	7,9	5	2.5
	наиб.		14,7	24,1	12,5	12,1
Длина береговой линии		км	1,86	2,2	0,3	0,54
Площадь водной поверхности		км^2	0,12	0,18	0,006	0,02
Объем		10^6 м^3	0,56	1,43	0,03	0,05
По данным авторов (2021 г.)						
Площадь водосбора		км^2	15,92	1,55	-	0,478
Высота над ур. м.		м	2773	2891	2878	2790
Длина		км	0,73	0,62	0,108	0,185
Ширина	сред	км	0,14	0,3	0,06	0,06
	наиб.		0,21	0,52	0,074	0,14
Глубина	сред	м	4,27	7,14	4,9	3
	наиб.		11,5	22	11,97	7,72
Длина береговой линии		км	1,9	2,45	0,29	0,51
Площадь водной поверхности		км^2	0,104	0,19	0,007	0,012

Объем	10^6 м^3	0,445	1,391	0,035	0,032
Изрезанность береговой линии		1,66	1,59	0,98	1,31
Показатель удлинённости		5,21	2,06	1,8	3,1
Показатель компактности		0,66	0,58	0,81	0,42
Коэффициент развития береговой линии озера		0,50	0,55	0,15	0,23
Относительная глубина		4,18	4,4	1,13	0,95
Форма озерной котловины		0,37	0,33	0,41	0,39

Видно, что промежуток времени между исследованиями составляет 34 года. В таблице 1 показано, насколько изменились морфологические и морфометрические параметры озера за этот период времени. По результатам их анализа общий запас воды Арашанской озерной системы составил W = 1,903 млн м^3 на июль 2021 года, когда проводились исследования. Это значение было на 8 % меньше общего объема воды, рассчитанного по данным А.М. Никитина. Наибольшая разница в изменении водности наблюдалась в озере Арашан Ходжа (30 %). Уменьшение объема воды в озерах можно объяснить тем, что часть их дна заполняется за счет илистых стоков, поступающих с водным потоком, и обломочного материала, поступающего со склонов в результате эрозии. Влияние упомянутых выше геолого-гидрологических процессов проявляется в изменении средних и максимальных глубин, зафиксированных в обоих исследованиях. Среди исследованных озер озеро Арашан Круглое выделяется своим расположением над уровнем моря, объемом воды (W), площадью водного зеркала (F) и средней глубиной ($h_{сред}$) по сравнению с другими озерами. Озеро Арашан Ходжа относится к типу глубоких озер по классификации П.В. Иванова, а остальные 3 озера относятся к типу очень глубоких озер [4]. По классификации Г.Ю. Верещагина, по форме изучаемые озера соответствуют параметрам конуса и цилиндра [1, 7, 8, 15].

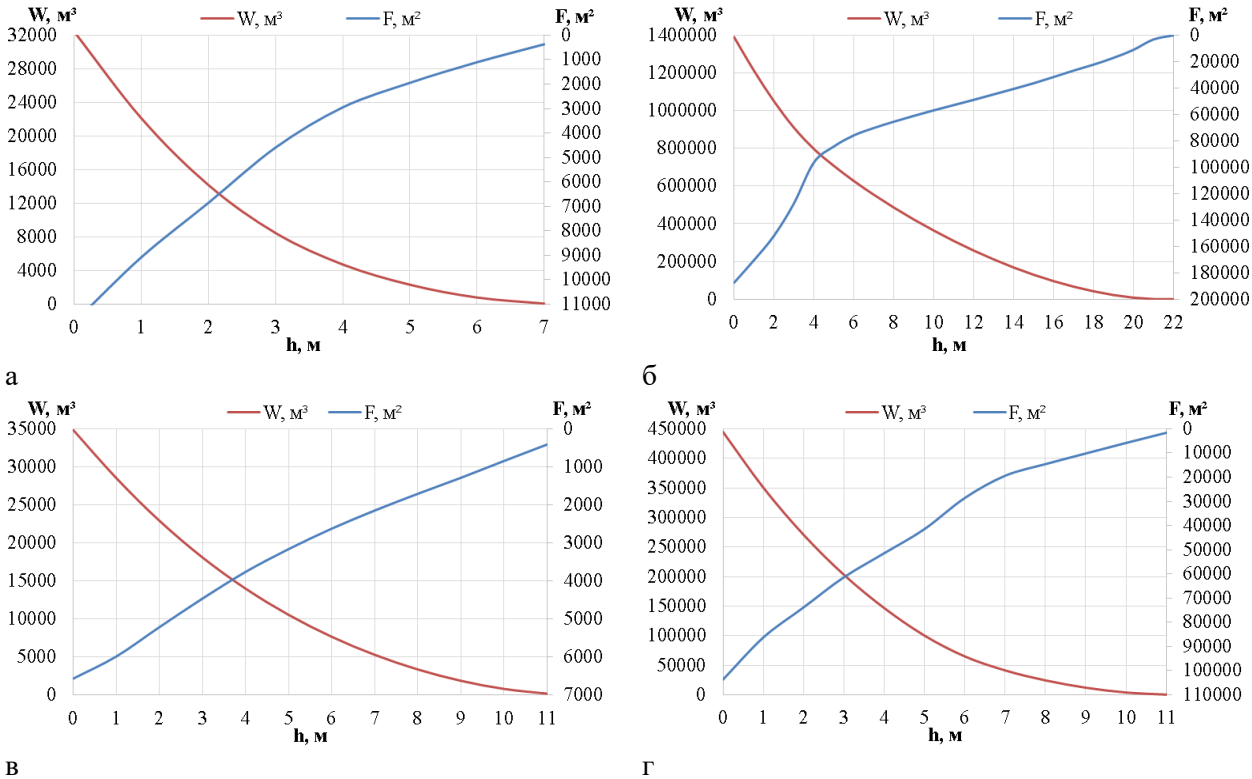


Рис. 4. Графики кривых площади и объема Арашанских озер
а) Арашан Ходжа; б) Арашан Круглое; в) Арашан Малое; г) Арашан Большое

Суммарная площадь водного зеркала этих озер имеет значение F = 0,311 км^2. Озеро Большой Арашан самое длинное среди этих 4-х озер, его длина составляет L_{max} =

732,4 м. Озеро Арашан Круглое является лидером по значению глубины h_{max} = 22,4 м, данная отметка находится в 100 м вглубь суши от южного берега озера. Озеро Арашан Малое, меньшее по площади водного зеркала и объему воды, по максимальной глубине русла (h_{max} = 11,97 м) стоит рядом с Арашаном Круглым.

Графики их площади и кривые объема были построены на основе значений, определенных в результате недавних исследований, проведенных в озерной системе Арашан. Среди этих графиков площадь водной поверхности озера Арашан Круглое выделяется преобладанием глубин до 4 метров. То есть изобаты озера на большей части площади расположены на большом расстоянии друг от друга. По этим графикам в зависимости от изменения уровня воды в озерах можно определить изменения их объема и площади водного зеркала (рис. 4).

Выводы. Уменьшение значений наибольших глубин системы озер Арашан, определенных А.М. Никитиным, сравнительно невелико в озере Малый Арашан. Такое положение можно объяснить тем, что это небольшое озеро окружено невысокими останцовыми скалами, так что обломочный материал с обнаженных склонов почти не попадает в центральную часть чаши озера. Кроме того, в связи с тем, что это озеро насыщено только подземными водами, рельеф центральной части озерной чаши практически не изменился.

Существует большое расхождение между значениями, указанными в обоих исследованиях для водосбора озера Арашан Круглое. Например, по данным А.М. Никитина, площадь водосбора озера Арашан Круглое составляет 5,5 км^2, а по расчетам авторов эта величина составляет 1,6 км^2. Эта разница зависит от методов, используемых при расчете площадей бассейнов. Если говорить более конкретно, то в 80-х годах 20 века в расчетах использовались крупномасштабные топографические карты, и такой подход к проблеме вызывал ряд неудобств. В нашем исследовании расчеты, специфичные для этого вопроса, проводились на основе данных цифровой модели рельефа (ЦМР) в ГИС. С учетом этих факторов полученная авторами информация является более надежной.

А.М. Никитин определяет происхождение Арашанских озер, как моренные озера [2, 3, 10]. Однако в этой котловине нет следов, оставленных ледниками, т. е. отсутствуют моренные отложения, следы сглаживания ледником склонов долины. По мнению И.Г. Томашевской и др., эта система озер по происхождению относится к типу тектонических озер [13].

Использованная литература:

1. Докукин М. Д. Выдающиеся прорывы озёр в 2012-2013 гг. (по материалам ДЗЗ). Часть 2 // Сборник трудов Северо-Кавказского института по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства «Севкавгипроводхоз». Т. 21. Пятигорск, 2015. С. 41-58.
2. Ерохин С., Черных М. Мониторинг прорывоопасных озер Кыргызстана // Снижение риска природных катастроф в горах. Материалы Международной конференции. Бишкек: Салам, 2009. С. 34-37.
3. Иванов П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. 1948. № 20. С. 29-36.
4. Инструкция по эксплуатации Lowrance Elite 5 DSI.
5. Ионов Р.Н., Лебедева Л.П. Растительный покров Западного Тянь-Шаня (Обзор современного состояния флоры и растительности) / Под ред. проф. Э.Дж. Шукурова. Бишкек, 2005. 139 с
6. Керемкулов В.А., Цукерман И.Г. Обзор сведений о прорывах моренных озер Заилийского Алатау // Селевые потоки. 1988. № 10. С. 62-77.
7. Мазиров М.А., Васенев И.И., Илахун А. Агроэкологическая, почвенная и климатическая оценка горной системы Тянь-Шаня // Достижения науки и техники АПК. 2013. №. 2. С. 32-34.
8. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2009. 160 с.

9. Никитин А.М. Озера Средней Азии. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987. 104 с.

10. Никитин А.М., Горелкин Н.Е. К вопросу гидрометеорологического обоснования эксплуатации и охраны водных ресурсов озер и водохранилищ Средней Азии // Труды САРНИГМИ. Вып. 66 (147). 1979. С. 3-9.

11. Сабитов Т.Ю. Выявление ледниковых озер Узбекистана на основе данных дистанционного зондирования Земли // Вестник НУУз. № 3. С. 45-49.

12. Сувankулов С.С., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А. Определение морфологических и морфометрических характеристик озёр Арашанской системы // Инновации в фундаментальных и прикладных географических исследованиях. Материалы республиканской научно-практической конференции. Ташкент, 2022. С. 254-258. (На узб. яз.).

13. Томашевская И.Г., Тихановская А.А., Ким Г.П., Колдаев А.А., Лесник Л.Н., Сабитов Т.Ю. Моренные и завальные озера Республики Узбекистан как дополнительный резерв водоснабжения и фактор потенциальной опасности для зоны среднегорья. Отчет по теме прикладных исследований ФА-А7-Т118 «Рациональное природопользование и экология: рациональное использование земельных ресурсов, разработка технологий предотвращения деградации почв в условиях изменения климата». Ташкент, 2015. 59 с.

14. Шкапскій О.А. Двѣ поѣздки въ горы Ташкѣнтскаго уѣзда. Санкт-Петербургъ: Типографія М.Стасюлевича, Вас.Остр., 5 л., 28, 1906. 39 с.

15. Hikmatov F.H., Haydarov S.A., Halimova G.D., Ziyayev R.R., Rapiqov B.R. Ko'lshunoslik. Toshkent: INNOVATSION RIVOJLANISH NASHRIOT-MATBAA UYI, 2021. 216 b.

16. Petrov Maxim A., Sabitov Timur Y., Tomashevskaya Irina G., Glazirin Gleb E., Chernomorets Sergey S., Savernyuk Elena A., Tutubalina Olga V., Petrakov Dmitriy A., Sokolov Leonid S., Dokukin Mikhail D., Giorgos Mountrakis, Virginia Ruiz-Villanueva, Markus Stoffel (2017), Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan, *Science of the Total Environment*, Volume 592, Elsevier BV, pp. 228-242. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.068.

References:

1. Dokukin M.D. (2015), Outstanding lake breakthroughs in 2012-2013 (based on remote sensing materials). Part 2, *Collection of works of the North Caucasus Institute for the design of water management and reclamation construction "Sevkavgiprovodkhoz"*, Vol. 21, Pyatigorsk, pp. 41–58. (In Russ.).

2. Erokhin S., Cherny M. (2009), Monitoring of outburst-hazardous lakes in Kyrgyzstan, *Reducing the risk of natural disasters in the mountains*, *Materials of the International Conference*, Bishkek, pp. 34-37. (In Russ.).

3. Ivanov P.V. (1948), Classification of the world's lakes by size and average depth, *Bulletin of LSU*, No. 20, pp. 29-36. (In Russ.).

4. Operation manual Lowrance Elite 5 DSI.

5. Ionov R.N., Lebedeva L.P. (2005), *Vegetation cover of the Western Tien Shan (Review of the current state of flora and vegetation)*, Ed. prof. E.J. Shukurova, Bishkek, 139 p. (In Russ.).

6. Keremkulov V.A., Tsukerman I.G. (1988), Review of information about outbursts of moraine lakes in the Trans-Ili Alatau, *Mudflows*, No. 10, pp. 62-77. (In Russ.).

7. Mazirov M.A., Vasenev I.I., Ilakhun A. (2013), Agroecological, soil and climatic assessment of the Tien Shan mountain system, *Achievements of science and technology of agro-industrial complex*, No. 2, pp. 32-34. (In Russ.).

8. Myakisheva N.V. (2009), *Multicriteria classification of lakes*, Saint Petersburg, 160 p. (In Russ.).

9. Nikitin A.M. (1987), *Lakes of Central Asia*, Leningrad, 104 p. (In Russ.).

10. Nikitin A.M., Gorelkin N.E. (1979), On the issue of hydrometeorological justification for the exploitation and protection of water resources of lakes and reservoirs in Central Asia, *Proceedings of SARNIGMI*, Issue 66 (147), pp. 3-9. (In Russ.).

11. Sabitov T.Yu. (2015), Identification of glacial lakes in Uzbekistan based on earth remote sensing data, *Bulletin of NUUz*, No. 3, pp. 45-49 (In Russ.).

12. Suvankulov S.S., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A. (2022), Determination of morphological and morphometric indicators of the Arashan lakes system, *Innovations in basic and applied geographical research. Republican scientific and practical conference*, Tashkent, pp. 254-258. (In Uzbek).

13. Tomashevskaya I.G., Tihanovskaya A.A., Kim G.P., Koldaev A.A., Lesnik L.N., Sabitov T.Yu. (2015), *Moraine and dam lakes of the Republic of Uzbekistan as an additional water supply reserve and a potential danger factor for the mid-mountain zone. Report on the topic of applied research FA-A7-T118, "Rational environmental management and ecology: rational use of land resources, development of technologies for preventing soil degradation in conditions of climate change*, Tashkent, 59 p. (In Russ.).

14. Shkapskij O.A. (1906), *Two trips to the mountains of Tashkent district*, Saint-Petersburg, 39 p. (In Russ.).

15. Khikmatov F.Kh., Khaydarov S.A., Khalimova G.D., Ziyayev R.R., Rapikov B.R. (2021), *Limnology.* Tashkent, 216 p. (In Uzbek).

16. Petrov Maxim A., Sabitov Timur Y., Tomashevskaya Irina G., Glazirin Gleb E., Chernomorets Sergey S., Savernyuk Elena A., Tutubalina Olga V., Petrakov Dmitriy A., Sokolov Leonid S., Dokukin Mikhail D., Giorgos Mountrakis, Virginia Ruiz-Villanueva, Markus Stoffel (2017), Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan, *Science of the Total Environment*, Volume 592, Elsevier BV, pp. 228-242. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.068.

Сведения об авторах:

Суванкулов Саркорбек Санжар угли – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: ssarkorbek@gmail.com

Петров Максим Анатолиевич – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник. E-mail: maxpetr1962@gmail.com

Мамиров Халимджон Алимович – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: hmamirov@inbox.ru

Акбаров Фахриддин Нарзуллаевич – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: fedya8310@mail.ru

Хисматуллин Тимур Ильдарович – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), техник-геолог. E-mail: timkhism@gmail.com

Сабитов Тимур Юрьевич – отдел Экологического образования, научных исследований и внедрения инноваций при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата (Ташкент, Узбекистан), доктор философии (PhD) по географическим наукам. E-mail: sabitov.ty@gmail.com

Information about authors:

Suvankulov Sarkorbek – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Junior scientist. E-mail: ssarkorbek@gmail.com

Petrov Maxim – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Senior scientist. E-mail: maxpetr1962@gmail.com

Mamirov Khalimjon – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Junior scientist. E-mail: hmamirov@inbox.ru

Akbarov Faxriddin – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Junior scientist. E-mail: fedya8310@mail.ru

Khismatullin Timur – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Geological technician. E-mail: timkhism@gmail.com

Sabitov Timur – Department of Environmental Education, Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan, (Tashkent, Uzbekistan), PhD in Geography. E-mail: sabitov.ty@gmail.com

Для цитирования:

Суванкулов С.С., Петров М.А., Мамиров Х.А., Акбаров Ф.Н., Хисматуллин Т.И., Сабитов Т.Ю. Определение морфологических и морфометрических показателей системы озер Арашан // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2023. № 3-4. С. 61-71.

For citation:

Suvankulov S.S., Petrov M.A., Mamirov Kh.A., Akbarov F.N., Khismatullin T.I., Sabitov T.Yu. (2023), Determination of morphological and morphometric parameters of the Arashan lake system, *Central Asian Journal of Geographical Researches*, No. 3-4, pp. 61-71. (In Russ.).