

УДК 556 (574.9)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗЕР ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ
(НА ПРИМЕРЕ ШЕГЕКУЛЬ)

С.Б. Калабаев

*Кафедра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, гидрометеорологический факультет, НУУз им. Мирзо Улугбека, г.Ташкент, Республика Узбекистан
Email: salauat.kalabayev@mail.ru*

Статья посвящена изучению морфометрических особенностей озер, расположенных на территории Каракалпакстана. При этом использовалась стандартная платформа Google Earth и программное обеспечение SAS Planet. Выявлены колебания уровней и площадей зеркала озер в зависимости от водности реки Амударьи. На следующем этапе исследования изучался водный баланс озера. Изучение элементов водного баланса озер Южного Приаралья дает возможность определить тенденции к уменьшению или увеличению их объема воды за расчетный интервал времени.

Ключевые слова: озера, уровень воды, площадь зеркала озер, длина и изрезанность береговой линии, средняя и максимальная глубина, колебания уровней и площадей

Поступила: 15.08.2022

DOI: 10.54668/2789-6323-2022-105-2-25-31

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени, то есть 40...50 лет тому назад, Южное Приаралье отличалось широким распространением озер различного происхождения. Самые крупные из этих озер до 60-х годов минувшего столетия в основном подпитывались Амударьинской водой. Здесь исключением являются отдельные мелкие озера, расположенные вдоль береговой зоны Аральского моря, так как они питались за счет притока морской воды под влиянием волнения, фильтрации и других факторов (Курбаниязов А.К., 2017; Науменко М.А. и др., 2012).

Наиболее подробное описание гидрологических и морфометрических характеристик озер, рассматриваемого региона, представлены в работах Бондаря В.А. (Бондарь В.А., 1975), Никитина А.М. (Никитин А.М., Бондарь В.А., 1975), Духовного В.А., Паевский В.А. (Паевский В.А. и др., 2009; Науменко

М.А., 2011) и других. Эти исследования минимум 10-20-летней давности.

Последние исследования изучаемого водоема проводятся САВА и НИЦ МКВК. В ноябре 2011 года НИЦ МКВК организовал экспедицию по проекту "САВА". Всего за время экспедиции было изучено 12 водоемов. Нами по материалам экспедиционных исследований было изучено озеро Шегекуль - Междуреченское водохранилище. Площадь открытой водной поверхности озера изменилась от 10306 га до 501 га, а площадь ветландов от 18061 га до 23940 га по данным 2010...2011 гг.

Таким образом, площадь водной поверхности с апреля по сентябрь уменьшилась практически на 9,1 тыс. га, а площадь ветландов за этот же период времени увеличилась на 22,2 тыс. га.

Целью данного исследования является определение основных морфометрических параметров озера Шегекуль при его современном состоянии (рис. 1).



Рис.1. Схема расположения озера Шегекуль или Междуреченского водохранилища

Этот небольшой водоем расположен между речным руслом Акдарьи и высохшим руслом Кипчакдарьи. После перекрытия дамбой русла Акдарьи, увеличилась площадь водного зеркала Шегекуль и образовалось Междуреченское водохранилище.

Междуреченское водохранилище (бывшее оз. Шегекуль) является первым водохранилищем, которое принимает речной сток и перераспределяет его по другим водным объектам. Оно является важным водным объектом низовьев реки Амударьи так как режим остальных водоемов зависит от его водных ресурсов.

Общая площадь озера Шегекуль – Междуреченского водохранилища, по данным космических снимков за 2019 года составляет 25 тысяч га. В состав Междуреченского водохранилища входят следующие водохозяйственные объекты: Северная и Восточная дамбы, Головное сооружение канала Главмясо, Головное сооружение канала Маринкинузак, Боковой водослив и 11 паводковых прорезей. Несмотря на небольшую глубину при максимальном объеме 250 млн м³, Междуреченское водохранилище имеет большое значение в управлении и использовании водных ресурсов в дельте реки Амударьи (Курбанов А.Р. и др., 2020; Рогов М.М. и др., 1968).

Как известно, к числу основных морфометрических характеристик озера относятся площадь зеркала озера, длина и изрезанность береговой линии, глубина, объем водной массы и форма озёрной котловины.

Площадь водной поверхности озера (F_0) ограничена изобатой «0», которая является береговой линией. Этот показатель можно оценить с островами или исключая их. Длина озера (L_0) является одним из ключевых измерений водной поверхности. Ширина озера (B_0) определяется различными расчетными способами для сравнения конкретной группы озер. Максимальная ширина и средняя ширина озер отличаются своими числовыми значениями. Объем озера (V_0) – это водовместимость его чаши или количество воды в озере. Его значение определяется выражением:

$$V_0 = \frac{\Delta h \cdot \sum_{i=0}^n (f_i + f_{i+1})}{2} + \frac{\Delta h' \cdot f_n}{3}, \quad (1)$$

где Δh – разница изобат; $\Delta h'$ – разница между максимальной глубиной и отметкой последней изобаты; $i = 0, 1, \dots, n$ число изобат; f_i, f_{i+1}, \dots, f_n площади, ограниченные изобатами.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максимальная глубина озера (h_{max}) определяется путем сравнения данных, собранных в результате измерения глубины озера. Средняя глубина озера рассчитывается как отношение объема воды в озере (V_o) к площади водной поверхности озера (F_o):

$$h_{cp} = \frac{V_o}{F_o} \quad (2)$$

Важно отметить, что почти все эти показатели меняются в зависимости от изменения уровня воды в озере. В настоящее время, в связи с развитием ГИС технологий, составить кадастр озер по морфометрическим параметрам

не составляет особой трудности.

Для осуществления поставленной цели, в работе были использованы платформа Google Earth и программа SAS Planet. Координаты озера установлены с помощью программой SAS Planet (2019).

Длина озера, длина береговой линии, максимальная ширина и площадь зеркала определены платформой Google Earth (2020). По полученным результатам составлен кадастр озера и определены их следующие морфометрические параметры: длина озера, длина береговой линии, максимальная ширина, площадь зеркала (табл.1).

Таблица 1

Морфометрические показатели озера Шегекуль

№	Годы	Длина, км	Длина береговой линии, км	Максимальная ширина, км	Площадь, км ²	Уровень воды, м
1	2000	6,70	24,0	1,75	9,00	53
2	2005	20,0	94,0	10,0	132	55
3	2010	23,0	85,0	11,0	176	56
4	2015	18,0	100	9,0	87	55
5	2020	17,0	72,0	4,3	70	53

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По состоянию на конец августа 2019 года озеро Шегекуль имеет следующие параметры: площадь водной поверхности 250 км², объем воды 218,0 млн. м³, длина 20,9 км и длина береговой линии 104,0 км. Наиболее глубоководная часть водохранилища находится в центральной и северно-западной частях озера. По данным многолетних наблюдений горизонт воды на озере колеблется от 52,20... 57,30 м БС. Максимальная глубина составляет 5,5...6 м, а средняя глубина 0,9...2,1 м. В маловодные 2000...2001 годы озеро практически пустовало и горизонт воды в русловой емкости находился на отметке 54,00 м БС. Морфометрические характеристики озер, существующие за счет речных вод, зависят от величины речного стока проходящего через створ Кызылджар.

На следующем этапе исследования изучался водный баланс озера. Изучение элементов водного баланса озер Южного

Приаралья дает возможность определить тенденции к уменьшению или увеличению объема их водной массы за расчетный интервал времени. Это важно при организации эффективного использования водных ресурсов озер в различных отраслях экономики.

В работе расчет элементов водного баланса озера Шегекуль произведен на основе гидрометеорологических материалов с использованием следующего уравнения:

$$X + Y + Y_{cp} + K = Y_{cm} + Z + Y_{\phi} \pm \Delta W \quad (3)$$

где X – сумма осадков, выпадающих на поверхность озера, Y – приток поверхностных вод, $Y_{гр}$ – приток грунтовых вод, K – конденсация водяных паров атмосферы на поверхность озера, Z – испарение с поверхности водоема, $Y_{ст}$ – русловой сток, $Y_{ф}$ – фильтрация, W – изменение объема воды в озера за расчетный интервал времени.

Расчет объема атмосферных осадков равный:

$$X = F * X_{2018} = 150 * 10^6 \text{ м}^2 * 0,136 \text{ м} = 20,4 * 10^6 \text{ м}^3 \quad (4)$$

где $F_{\text{оз}}$ – площадь водного зеркала, X_{2018} – годовая сумма слоя атмосферных осадков.

Расчет поверхностного притока. Фактическая подача поверхностных речных вод в расчетном году по данным “БВО Амударья”, в озера Шегекуль составляет 307,61 млн м³.

Расчет подземного притока. Вопрос о колебании запасов подземных вод, скорости и направлений их движения является довольно сложным и точной количественной оценке не поддается. Подзем-

ный приток по данным “Гидроингео” в озере Шегекуль составляет 0,26 млн м³.

Русловой отток из оз. Шегекуль, осуществляемый через каналы и сооружения (Казакдарья, Маринкин-узек, Главмясоузек, Борт водослив У4С-сооружение) по данным Управления дамбовых сооружений Приаралья, составляет 9,65 млн м³/год [10].

Испарение с поверхности водоема. Испарение с поверхности озера рассчитывалось с использованием формулы Б.Д.Зайкова:

$$Z = 0,15 * n * C * d_{200}^{0,78} * (1 + 0,72 * V_{200}), \text{ мм/месяц} \quad (5)$$

где n – число дней в месяце, d_{200} – дефицит влаги на высоте 2 м, V_{200} – средняя скорость ветра, C – географический параметр, зависящий от

поверхности воды и температуры воздуха. Для пустынной и полупустынной зоны Средней Азии его значение составляет 1,2 (таблица 2).

Таблица 2

Расчет испарения с поверхности водоема в зависимости от температуры воздуха

Расчетные элементы	Месяцы									
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
n	31	30	31	30	31	31	30	31	30	
$0,15 \cdot n \cdot C$	5,6	5,4	5,6	5,4	5,6	5,6	5,4	5,6	5,4	
$d_{200}^{0,78}$	1,58	3,5	5,55	8,0	8,9	8,0	5,2	2,9	1,37	
$1 + 0,72 \cdot V_{200}$	3,5	3,6	3,4	3,2	3,0	3,0	3,0	3	3,0	
$Z, \text{ мм}$	31	68	106	138	149	134	84	49	22	

Из таблицы видно, что годовое количество испарения с поверхности озера составляет 781 мм или $Z = 117,2$ млн м³.

Согласно, В.А.Духовному объем потери стока с площади (заросшие тростником) ветландов составляет 25000 га×12000

300,0 млн м³ (Духовный В.А., 2003).

Фильтрация. Отток подземных вод по данным “Гидроингео” составляет 0,26 млн м³.

Результаты расчетов по количественной оценке приходной и расходной части водного баланса приведены в таблице 3.

Таблица 3

Количественные значения элементов водого баланса оз. Шегекуль (Междуреченское водохранилище)

Приходная часть			Расходная часть		
	млн м ³	%		млн м ³	%
Осадки	20,4	6,2	Испарение	117,2	27,44
Поверхностный приток	307,61	93,7	Поверхностный сток (Русловой сток)	9,65	2,26
Подземный приток	0,26	0,08	Фильтрация	0,26	0,061
			Расход на площади (заросшие тростником) ветландов	300,0	70,24
Всего	328,27	100	Всего	427,11	100
Невязка баланса – 98,84					

Как видно из таблицы 2, результаты оценки водного баланса за 2018 год показали отрицательный баланс – 98,84 млн м³. Так как согласно результатам выполненных расчетов, годовой объем приходной части водного баланса составляет 328,27 млн м³, а объем расходной части составляет 427,11 млн м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты расчетов элементов водного баланса оз. Шегекуль показали, что основу его приходной части составляет поверхностный приток и атмосферные осадки. Их относительные значения составляют, соответственно, 93,7% и 6,2%. Основная часть расходов эта испарение водной поверхности и расход воды с площадей заросших тростниками -ветландов соответственно 27,44% и 70,24%. Следует отметить, что количественные значения элементов водного баланса озера Шегекуль меняются в зависимости от притока воды в Приаральский регион по р. Амударье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондарь В.А.* Современное состояние устьевой области в дельтовых озерах Амударьи // Труды САРНИГМИ, вып 2(83). - Л.: Гидрометеиздат. 1975. – С. 62-70.
2. *Курбаниязов А.К.* Эволюция ландшафтов обсохшего дна Аральского моря: монография. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. – 148 с.
3. *Курбанов А.Р., Ким С.И., Мустафаева З.А., Титова Н.О.* Комплексное изучение современного экологического состояния естественных водоемов Республики Каракалпакстан // Научные труды Дальрыбвтуза № 4 (54) Владивосток. – 2020. – С. 28-42.
4. *Никитин А.М., Бондарь В.А.* О динамике озер дельты р. Амударьи // Труды САРНИГМИ вып. 25 (106), 1975. – С. 86-92.
5. *Науменко М.А.* Анализ морфометрических характеристик подводного рельефа Ладожского озера на основе цифровой модели. // Изв. РАН. Серия геогр. – 2011. – № 5. – С. 85-96.
6. *Науменко М.А., Зелионко А.В., Стрелкалова З.В.* Опыт создания цифровой морфо-

метрической модели малого озера на основе высокоточного эхолотирования. // Ученые записки РГГМУ, 2012. – № 25. – С. 35-40.

7. *Паевский В.А., Виноградова Н.В., Шаповал А.П., Шумаков М.Е., Яблонкевич М.Л.* Материалы по гнездовой орнитофауне низовьев Амударьи и озера Каратерен // Русский орнитологический журнал 2009, Том 18, Экспресс-выпуск 523. Санкт-Петербург. – 2009. – 1920-1928 с.
8. *Рогов М.М., Ходкин С.С., Ревина С.К.* Гидрология устьевой области Амударьи. -М.: Гидрометиздат, 1968. – 149 с.
9. Южное Приаралье – новые перспективы. Под редакцией проф. В.А.Духовного. – Ташкент, 2003. – 154 с.
10. *Хикматов Ф.Х. Калабаев С.Б.* О водном балансе озер южного приаралья (на примере Шегекуль) / Қазақстан тәуелсіздігіне 30 жыл толуына арналған «Ғылым және білім: ізденіс, міндеттер, болашақ» тақырыбындағы VI республикалық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары Тараз, 2021. – С. 27-30

Отчет

О мониторинге дельты реки Амударьи и осушенного дна Аральского моря по проекту «САВА» – «Динамика изменения поверхностных и подземных вод в дельте Амударьи и на осушенном дне Аральского моря» (за период с июня 2009 по декабрь 2011 гг.).

REFERENCES

1. *Bondar V.A.* Sovremennoe sostoyanie ustevoy oblasti v deltovykh ozer Amudari // Trudy SARNIGMI, vyp 2(83). - L.: Gidrometeoizdat, 1975. - P. 62-70.
2. *Qurbaniyazov A.K.* Evolyutsiya landshaftov obsoxshogo dna Aralskogo morya: monografiya. – M.: Izdatelskiy dom Akademii Estevoznaniya, 2017. – 148 p.
3. *Kurbanov A.R., Kim S.I., Mustafaeva Z.A., Titova N.O.* Kompleksnoe izuchenie sovremennogo ekologik sostoyaniya esdastvennykh vodoemov Respublikasi Karakalpakstan // Nauchnye trud Dalrybvtuza № 4 (54) Vladivostok, 2020. - P. 28-42.

4. Nikitin A.M., Bondar V.A. O dinamike ozer delty r. Amudari // Trudy SARNIGMI vyp. 25 (106). 1975. – P. 86-92.
5. Naumenko M.A. Analiz morfometricheskix karakteristikasi podvodnogo relefa Ladojskogo ozera na osnove tsifrovoy modellari. // Izv. RAN. Seriya geogr., 2011. - № 5. - p. 85–96.
6. Naumenko M.A., Zelionko A.V., Strekalova Z.V. Opyt sozdaniya tsifrovoy morfometricheskoy modellari kichik ozera na osnove vysokotochno eholotirovaniya. // Uchenye zapiski RGMU, 2012. - № 25. - p. 35–40.
7. Paevskiy V.A., Vinogradova N.V., Shapoval A.P., Shumakov M.E., Yablonkevich M.L. Materialy po gnezdovoy ornitofaune nizovyev Amudari i ozera Karateren // Russkiy ornitologicheskiy jurnal 2009, Tom 18, Ekspres-vypusk 523. Sankt-Peterburg. 2009. - 1920-1928 p.
8. Rogov M.M., Xodkin S.S., Revina S.K.

Gidrologiya ustevoy olbasti Amudari. -M.: Gidrometizdat, 1968. - 149 p.
9. Yujnoe Priarale – novye perspektivy. Pod redaktsiey prof. V.A.Duxovnogo. – Tashkent, 2003. - 154 p.
10. Xikmatov F.X. Kalabaev S.B. O vodnom balanse ozer yujnogo priaralya (na primere Shegekul) / Qozog’iston mustaqilligiga 30 yil to’lishiga arnalgan «G’lim va bilim: izlanish, vazifalar, kelajak» mavzusidagi VI respublika ilmiy-amaliy konferentsiyasining materiallari Taraz. 2021 yil 12 aprel. 27-30 p.

Otchet

O monitoringe delty reki Amudari i osushennogo dna Aralskogo morya po proektu «CAWA» – «Dinamik izmeneniya poverxnostnyh va podzemnyh vod v v. delte Amudari i na osushennom dne Aralskogo morya» (za period s iyunya 2009 po dekabr 2011 gg).

ОҢТҮСТІК АРАЛ БОЙЫ КӨЛДЕРІНІҢ МОРФОМЕТРИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ (ШЕГЕКӨЛ МЫСАЛЫНДА)

С.Б. Калабаев

Гидрометеорология және қоршаған орта мониторингі кафедрасы, Гидрометеорология факультеті, Мирзо Ұлықбек атындағы Ұзбекистан Миллий университети, Ташкент қаласы, Өзбекстан Республикасы
Email: salauat.kalabayev@mail.ru

Мақала Қарақалпақстан аумағында орналасқан көлдердің морфометриялық ерекшеліктерін зерттеуге арналған. Бұл стандартты Google Earth платформасын және SAS Planet бағдарламалық жасақтамасын қолданды. Амудария өзенінің сулылығына байланысты көлдер айнасының деңгейлері мен аудандарының ауытқуы анықталды. Зерттеудің келесі кезеңінде көлдің су балансы зерттелді. Оңтүстік Арал бойы көлдерінің су балансы элементтерін зерттеу есептік уақыт аралығында олардың су көлемінің азаю немесе ұлғаю үрдісін анықтауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: көлдер, су деңгейі, көлдер айнасының ауданы, жағалау сызығының ұзындығы мен кемуі, орташа және максималды тереңдігі, деңгейлер мен алаңдардың ауытқуы.

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF LAKES IN AREA OF THE SOUTHERN ARAL (FOR EXAMPLE SHEGEKUL LAKE)

S.B. Kalabaev

Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Hydrometeorology Faculty, Mirzo Ulugbek named NUUz, Tashkent, Republic of Uzbekistan
Email: salauat.kalabayev@mail.ru

The article is devoted to the study of morphometric features of lakes located on the territory of Karakalpakstan. At the same time, the standard Google Earth platform and SAS Planet software were used. Fluctuations in the levels and areas of lake mirrors depending on the water content of the Amu Darya River are revealed. At the next stage of the research, the water balance of the lake was studied. The study of the elements of the water balance of the lakes of the Southern Aral Sea region makes it possible to determine trends towards a decrease or increase in their water volume over a calculated time interval.

Keywords: lakes, water level, lake mirror areas, length and roughness of the coastline, average and maximum depth, fluctuations in levels and areas.