

DOI 10.58880/DKU.2022.04.011

МРНТИ 70.03.05

УДК 556.55

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ МАЛЫХ ОЗЕР ЕРТИССКОГО ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА

С.К. Алимкулов<sup>1</sup>, А.А. Турсунова<sup>1</sup>, К.М. Кулебаев<sup>1</sup>, Л.М. Биримбаева<sup>1,2</sup>

1.АО «Институт географии и водной безопасности»

Алматы, Республика Казахстан

2.Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Алматы, Республика Казахстан

Аннотация

В статье представлены результаты морфометрических исследований естественных малых озер Ертысского водохозяйственного бассейна. Целью исследования является оценка современного состояния естественных малых озер названного бассейна на основе морфометрических характеристик. Используются картографические методы, дешифрирование космических снимков, применены системный и сравнительный анализы, проведены полевые исследования. В результате идентифицировано 52 малых озера с площадью зеркала от 1 до 10 км<sup>2</sup> и классифицировано по площади водной поверхности, по отношению максимальных длины и ширины, по коэффициенту удлиненности, по изрезанности береговой линии, по емкости. Данное исследование позволит дать объективную оценку современному состоянию малых озер бассейна для дальнейшей разработки паспортов малых озер и возможность их использования для принятия решений в области оценки, прогноза и управления водными ресурсами озерного фонда Республики Казахстан.

Ключевые слова: озеро, морфометрия, глубина, площадь водной поверхности, водохозяйственный бассейн.

### Введение

Казахстан – страна с крайне ограниченными и неравномерно распределенными по территории водными ресурсами. Наряду с этим, в связи с происходящими изменениями климата, увеличивающейся антропогенной нагрузкой на водные экосистемы и увеличением водозабора из трансграничных рек соседними государствами, уже несколько десятилетий наблюдается тенденция к дефициту питьевой воды. В Республике Казахстан находится много озер, различных по размерам, с неодинаковым качеством и количеством воды. С хозяйственной точки зрения озера Казахстана относятся к числу весьма важных источников природных ресурсов. Воды используются в самых разных отраслях, но происходит это недостаточно организованно.

За годы систематических исследований озер был накоплен обширный материал натуральных данных, но значительная часть озер до настоящего времени остается неизученной. Изучение большинства озер Казахстана начатые в 50-х годах были прекращены в 90-х годах. Таким образом, в мониторинге озер возник перерыв более чем в 30 лет.

При решении практических задач по оценке водно-ресурсного потенциала работы по инвентаризации и паспортизации озер до сих пор проводятся в условиях дефицита информации. Исходные данные о состоянии озер, рек и других водных объектов гидросферы по-прежнему отличаются неточным, нечетким и неполным характером, а иногда являются

всего лишь качественными. В последнее время эта ситуация осложнилась также в связи с сокращением сети наблюдений. Очевидна необходимость в поисках концептуального подхода и в разработке методологии, обеспечивающих поддержку принятия решений в условиях дефицита количественных данных, позволяющих системно формализовать информацию о возможных вариантах функционирования водного объекта.

Государственный мониторинг, осуществляемый РГП Казгидромет, есть только на 14 озерах, включая Малый Арал, где ведутся наблюдения за уровнем воды, и на некоторых постах отбираются пробы на гидрохимический анализ, чего явно недостаточно.

С 2018 года в АО «Институт географии и водных проблем» ведутся исследования озерных систем Казахстана по проектам «Атлас озер Республики Казахстан» (2015-2018 гг.), «Разработка паспортов малых озер Казахстана» (2020-2022 гг.).

Согласно последним литературным источникам, в Казахстане насчитывается около 48262 озера. Большинство озер республики (до 94%) имеют площадь до  $1 \text{ км}^2$ ; с площадью же от 1 до  $5 \text{ км}^2$  насчитывается 3688, от 5 до  $100 \text{ км}^2$  – 770, и с площадью свыше  $100 \text{ км}^2$  – 17 озер (без озера Балхаш) [1].

Объем среднегодового стока воды в озера республики составляет около  $10 \text{ км}^3$ , а вместе с осадками – примерно  $15 \text{ км}^3$ , что равно 16 % годового поверхностного стока рек Казахстана. Объем воды в водоемах Казахстана с многолетними запасами приблизительно равен  $100 \text{ км}^3$  (без оз. Балхаш, Аральского и Каспийского морей) [2].

В данной работе приводятся результаты натурных исследований малых озер с площадью зеркала от 1 до  $10 \text{ км}^2$  с использованием современных средств измерений и оборудования, данных дистанционного зондирования Земли, отражающих произошедшие изменения во времени и пространстве.

Основой всех последующих научных и инженерных изысканий является изучение морфологических особенностей естественных водоемов Ертисского водохозяйственного бассейна (далее ВХБ). Характерности строения котловин находят представление через основные морфометрические характеристики, к которым относятся: географическое положение, площадь озера, площадь бассейна озера, длина, средняя и максимальная ширина, длина береговой линии, объем, средняя и максимальная глубина. Они служат основой для вычисления морфометрических показателей: удлиненности, развития береговой линии, открытости, относительной глубины, емкости и др. При помощи морфометрических характеристик и показателей определяется горизонтальная и вертикальная расчлененность озер, от которых зависит степень воздействия метеорологических факторов на водную поверхность и перераспределения основных лимнологических характеристик (гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и др.). Показатели морфометрии используются не только при индивидуальной характеристике озер, они имеют большое значение при их сравнительном изучении, так как позволяют оценить принадлежность водоема к тому или иному типу.

Строение гидрографической сети бассейна Верхнего Ертиса обусловлено сложным рельефом, широтной и вертикальной зональностью, разнообразными климатическими условиями. По своим физико-географическим особенностям, предопределяющим гидрографию и режим рек, Ертисский водохозяйственный бассейн делится на горную и равнинную части. Основные озера бассейна – Маркаколь, Айыр, Рахмановское, Дубыгалинское, Балыктыколь, Большое, Колдар, Шолактерек, Караколь и система Аблайкетских озер [3].

### **Материалы и методы**

Материалами для исследования послужили все имеющиеся фондовые данные, в т. ч. кадастровые справочники, литературные источники, результаты полевых измерений, выполненных в период с 28 июня по 05 сентября 2021 г. В ходе экспедиционных работ были изучены разнотипные малые озера, расположенные на территории Ертисского ВХБ с площадью зеркала от 1 до  $10 \text{ км}^2$  и идентифицированы картографическим способом и дистанционного зондирования (ДЗЗ), верифицированы данные, полученные ДЗЗ с

результатами экспедиционных исследований, классифицированы озера и обобщены полученные материалы.

В рамках работ по идентификации малых озер, разработана методика автоматизированного определения основных морфометрических характеристик озер по разновременным наборам данных ДЗЗ и цифровых моделей рельефа. В качестве исходных данных ДДЗ для дешифрирования водных поверхностей и идентификации озер определены наборы изображений спутников Sentinel-2 (2A и 2B), определена методика выборки, обработки данных спутников Sentinel 2 и автоматизированного дешифрирования. Анализ результатов, полученных по ДЗЗ, проводился на основе актуализации по результатам дешифрирования массивов разновременных данных перечня малых озер, географически установленных из архивных и фондовых материалов, литературных источников. Определен перечень ранее не изученных малых озер по разномасштабным картографическим материалам и массиву разновременных данных ДЗЗ [4-8].

Работы по идентификации малых озер проводились по двум направлениям:

1) актуализация по результатам дешифрирования массивов разновременных данных ДЗЗ перечня малых озер, географически установленных из архивных и фондовых материалов, литературных источников;

2) определение по разномасштабным картографическим материалам и массиву разновременных данных ДЗЗ дополнительного перечня ранее не изученных малых озер.

Для определения морфометрических характеристик малых озер исследуемого ВХБ разработана методика автоматизированного определения основных морфометрических характеристик озер по разновременным наборам данных ДЗЗ и цифровых моделей рельефа.

В связи с отсутствием национальных стандартов определения морфометрических характеристик водоемов, в качестве примера нормативного документа использовался стандарт организации 7, разработанный Государственным гидрологическим институтом РФ СТО ГГИ 52.08.40-201 [9].

Выполнены натурные исследования рекогносцировочного обследования, топогеодезической съемки, инженерно-гидрографических работ и определены основные морфометрические, батиметрические параметры водоемов бассейна.

Полевые работы произведены в соответствии с общепринятыми нормами и правилами [10-17]. Комплекс полевых топографо-геодезических работ позволил получить данные о ситуации, рельефе и водной поверхности для составления батиметрических карт, и определения гидрометрических параметров (прибрежной части озер и прилегающей к ним части берега, со всеми их характерными особенностями).

Топографическая съемка прибрежной полосы выполнялась с применением глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и GPS, а также методом комбинированной аэрофототопографической съемки (рисунок 1). Для производства топографо-геодезических работ на данном объекте был применен эффективный метод определения пространственных координат посредством спутниковых геодезических измерений. На небольших участках использованы материалы аэрофотосъемки полученных с беспилотных летательных аппаратов [18], которые также дают возможность получить количественную и качественную характеристику с поверхности земли.



Рисунок 1 – Базовая станция ГНСС (а) и аэрофотосъемка с применением квадрокоптера DJI Phantom 4 pro (б)

В зависимости от погодных условий и площади съемки аэрофотосъемка производилась на высоте от 60 до 120 метров по береговой линии озера. Площадь охвата аэрофотосъемки на одном объекте составляла в среднем от 1 до 5 км<sup>2</sup>.

Для трансформирования аэроснимков и получения конечной продукции аэрофотосъемки – ортофотоплана участка, производилась геодезическая привязка контурных точек аэроснимков (маркеров) к базовой станции с известными координатами. В качестве опознаков выбирались контурные точки местности, которые опознаются с точностью 0,1 мм в масштабе плана и отображаются одинаково четко на перекрывающихся частях всех аэроснимков. Плановая привязка аэроснимков производилась попутно с производством топографических работ.

Летно-съемочные работы производились с применением таких программных обеспечений как DJI Pilot, Litchi, PIX4D, которые позволяют осуществлять полет на заданной местности в автоматическом режиме, получая высококачественные изображения с привязкой к географическим координатам (рисунок 2). Встроенное GPS оборудование позволяет передвигаться согласно маршруту и получать географические координаты снимков во время движения с точностью от 3 до 15 метров.

Продольное перекрытие при аэрофотосъемке было принято не менее 80%, а поперечное – не менее 70% от площади снимка.

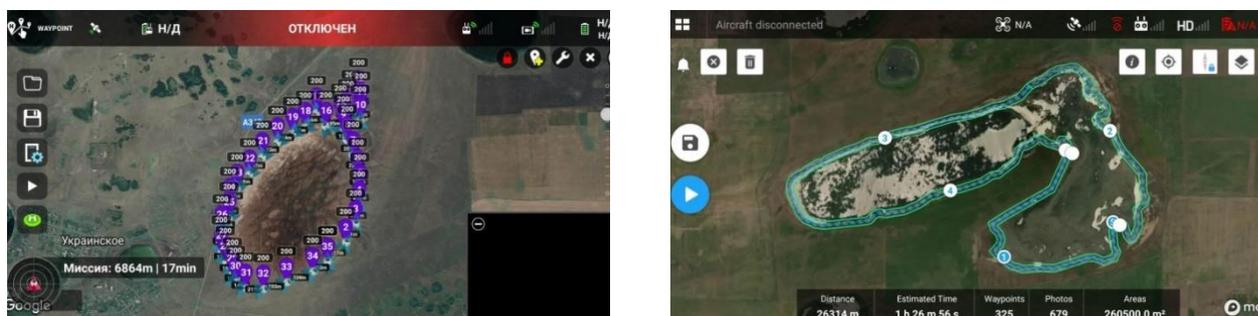


Рисунок 2 – Интерфейс приложения для автоматического управления дроном DJI Pilot и Litchi

В зависимости от погодных условий и площади съемки аэрофотосъемка производилась на высоте от 60 до 120 метров по береговой линии озера. Площадь охвата аэрофотосъемки на одном объекте составляла в среднем от 1 до 5 км<sup>2</sup>.

Промерные (батиметрические) работы. Промерные работы производились с целью составления батиметрических карт и планов исследуемых озер и выполнялись современными эхолотами-картплоттерами Lowrance HDS-12 Live с цифровой записью глубин на электронный носитель и самописцем, непрерывно регистрирующим профиль дна по галсу. В целях получения точных координат, глубин и высот с привязкой к наземной базовой станции, были интегрированы глобальные навигационные спутниковые системы с эхолотом (рисунок 3).



Рисунок 3 – Процесс промеров глубин с применением эхолота и ГНСС оборудования

Заблаговременно была составлена подробность промеров и схемы с предполагаемыми галсами, а в целях оптимальной навигации (таблица 1, рисунок 4).

Таблица 1 – Подробность промеров глубин, м

Подробность промера	Масштаб плана	Расстояние между галсами, м		Расстояние между промерными точками, м	
		при сложном рельефе	при спокойном рельефе	при сложном рельефе	при спокойном рельефе
Облегченный	1:2000	40	60	10	20
	1:5000	100	150	20	30
	1:10000	200	300	30	40



Рисунок 4 – Нанесение параллельных галсов

Исходя из данных, таблицы 1, и с учетом принятой классификации промеров глубин, соответствующей частоты галсов, сложности донного рельефа среднее количество промерных точек на 1 км<sup>2</sup> составляет не менее 102 точки.

### Обзор литературы

В истории изучения озер Казахстана выделяется несколько этапов, относящихся к 18-19 векам. Они основаны на экспедиционных исследованиях С. Ремезова (1701 г.), Н. Унковского (1822 г.), А.И. Воейкова (1884 г.) и др., в которых были представлены первые схематические чертежи расположения крупных озер. Планомерное изучение водных объектов началось в 1930-х годах при создании Водного кадастра СССР, организованного экспедицией ГГИ и соляной лабораторией НИИ металлургии АН СССР. В 1954-56 гг. под руководством А.П. Богородского наряду с изучением крупных водоемов начали исследовать и малые озера. Эти исследования были продолжены экспедицией ГГИ, кафедрой физической географии КазГУ, а с 1957 г. изучение озер вели сотрудники Сектора географии АН КазССР, в дальнейшем преобразованном в Институт географии под руководством Т.Р. Омарова и П.П. Филонца [1].

В работе [19] рассмотрены основные ресурсы малых озер Казахстана и пути их использования. Отмечается, что озера особенно многочисленны в северной части Казахстана, площади и режимы этих озер непостоянны за счет сильной изменчивости климатических условий и водного баланса.

С нарастанием засушливости с севера на юг доля бессточных озер и минерализация озерных вод к югу увеличивается. Большая часть озер, главным образом небольших по площади зеркала, размещена в лесостепи и северной части степной зоны. Их много также в поймах крупных рек и дельтовых участках бессточных рек, теряющихся в песках. В степной полосе, в горах и в долинах крупных рек преобладают пресные озера, а в полупустынях, пустынях и межгорных впадинах – соленые [20]. В то же время, несмотря на большое хозяйственное значение озер, опубликованные о них сведения носят отрывочный характер и касаются в основном некоторых гидрологических характеристик.

Итоги исследований 50–90-х годов были обобщены в ряде работ [21]. Кроме того, по результатам этих исследований впервые в Казахстане был составлен специальный «Альбом Казахстана» с чертежами озер с указанием их географических координат и морфометрических характеристик [22].

Проведен обзор материалов опубликованных отчетов, книг и научных журналов, атласов, веб-страниц по инвентаризации водных объектов на основе данных глобальных, региональных и национальных инвентаризаций и паспортизаций [23-28]. Из обзора можно отметить, что он не является всеобъемлющим и выполненные работы очень скудны, однако он дает исходный инструмент для инвентаризации озер.

В России процесс инвентаризации и паспортизации водных объектов начал в 1990-е годы Нижегородским государственным университетом, разработавшим первые 7 паспортов для городских прудов и составившим первые методические рекомендации по паспортизации водных объектов [29, 30]. В последующие годы работы по инвентаризации проводились в Казани, Тольятти, Санкт-Петербурге и др. [31-34]. В 2000-е годы были выявлены и исследованы все имеющиеся озера, реки, пруды и водно-болотные угодья г. Казани [35], анализировались картографические и топографические материалы, проводился анализ космоснимков; далее проводился поиск на местности и уточнение границ водоема непосредственно на месте расположения водного объекта. Результаты инвентаризации водных объектов г. Казани стали серьезной базой данных по изучению и дальнейшему мониторингу состояния городских озер, рек и водно-болотных угодий.

В Республике Кыргызстан в 2015 г. была проведена инвентаризация естественных и искусственных водоемов (озер, водохранилищ) с целью установления реальной численности водоемов республики, которые используются в рыбохозяйственных целях и выявление новых водоемов. В результате создана Единая база данных рыбохозяйственного фонда

Республики Кыргызстан, проведены инвентаризация и паспортизация с целью изучения рыбохозяйственного потенциала водоемов для дальнейшего рыбохозяйственного освоения. [36].

В мировом же масштабе, под руководством ООН была проведена комплексная оценка состояния водных ресурсов на Ближнем Востоке, включающая стандартизованную структуру, которая состоит из 8 глав по поверхностным водам и 19 глав по подземным водам. В них рассматриваются вопросы гидрологии, гидрогеологии, освоения и использования водных ресурсов, международных соглашений по водным ресурсам и усилий по управлению трансграничными водами. Эти главы охватывают информацию обо всех водных объектах, совместно используемых арабскими странами на Ближнем Востоке, и включают данные о водных ресурсах, которыми совместно пользуются Иран, Израиль, Турция и другие страны. Этот кадастр, содержащий более 50 новых карт и 200 рисунков, таблиц и блоков с последними всеобъемлющими сериями данных, который позволяет получить современное представление о состоянии и эволюции общих водных ресурсов в регионе [37-39].

### **Результаты и обсуждение**

При выполнении натурных исследований в целях выбора репрезентативных малых озер, были приняты во внимание: географические природные зоны (горная, лесостепная, степная, полупустынная, пустынная), гидрологическая классификация, т.е. все озера в зависимости от наличия у них стока разделены на имеющие постоянный сток (сточные и проточные) пресные, бессточные соляные озера и озера с периодическим стоком, имеющие воду с промежуточной по величине минерализацией; озерность территории, т.е. фактическое насыщение территории озерами, физико-географические особенности территории, в которых наблюдается общность по ряду основных природных компонентов, такими как геология, климат.

Для натурных исследований подобным способом в качестве репрезентативных выбраны озера-индикаторы, являющиеся характерными для определенной территории по генезису, водному балансу, схожести природных условий, следовательно, которые отражают состояние большей части озер исследуемого региона.

При дальнейшей верификации полученных результатов наземных исследований и спутниковых данных, получена информация следующего характера: географическое положение озера (широта, долгота, высота уреза воды над уровнем моря и отметка дна наибольшей глубины); морфометрия озер (площадь озера, длина береговой линии, объем озера, средняя глубина, максимальная глубина, средняя и максимальная ширина, длина озера, отношение площади озера к длине береговой линии, батиграфическая и объемная кривые). При выборе ключевых участков учтены также и основные требования к верификации данных полученных с помощью ДЗЗ, а именно: местность должна быть максимально открытой, залесенность не более 20 %, отсутствие препятствий для доступа транспорта, оборудования, сотрудников и приема спутниковых сигналов свыше 15 градусов над горизонтом, местность должна быть с развитой сетью грунтовых дорог.

В результате в Ертисском ВХБ верифицировано 52 озера, гипсометрическое положение которых находится на высотах от 91,13 до 2064,17 м над уровнем моря, для которых определены морфометрические характеристики.

В целом можно сказать, что из года в год количество озер претерпевает достаточные изменения. Реакция на климат (малоснежные зимы, маловодные годы и т.д.), в первую очередь, заметна именно на этих малых озерах с небольшими глубинами, особенно, в равнинных засушливых территориях.

В качестве основных анализируемых морфометрических характеристик были приняты площадь водного зеркала ( $F_{оз}$ ), максимальная длина ( $L_{макс}$ ), максимальная и средняя ширина водоема ( $B_{макс}$  и  $B_{ср}$ ). На их основе рассчитывались показатель удлиненности ( $K_{удл} = L_{макс}/B_{ср}$ ) согласно классификации С.В. Григорьева [40] и степень развития береговой линии ( $A$ ). Классификация озер по площади водного зеркала выполнена по П.В. Иванову [41] и И.С.

Захаренкову [42], по средним и максимальным глубинам по С.П. Китаеву [43] и все остальные показатели морфометрии по П.С. Лопуху [44]. Количество и распределение озер по градациям площади зеркала представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество и распределение озер по градациям площади зеркала (по П.В. Иванову и И.С. Захаренкову)

Размер озер	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество озер, в %
Небольшие	1,0-5,0	85,5
Средние	5,01-10,0	11,5

Ширина озера определялась как максимальная ( $V_{\text{макс}}$ ) – наибольшее расстояние между берегами по перпендикуляру к длине водоема. Показатель средней ширины ( $V_{\text{ср}}$ ) представляет частное от деления площади зеркала ( $F$ ) на длину озера ( $L$ ).

Максимальная глубина водоемов определялась при помощи эхолотирования и геопозиционирования с GNSS приемником (Таблица 3).

Таблица 3– Количество и распределение озер по градациям максимальной глубины

Градация глубины	Максимальная глубина, м	Количество озер, в %
Очень малая	менее 2,50	69,4
Малая	2,51-5,0	8,3
Небольшая	5,01-10,0	8,3
Средняя	10,01-15,0	8,3
Повышенная	15,01-20,0	-
Большая	20,01-25,0	2,8
Очень большая	более 25,0	2,8

Длина береговой линии или линии уреза воды, по которой водная поверхность соприкасается с сушей, определялась по аэрофотоснимкам, на пересохших озерах во время обследования - по космическим снимкам за период наполнения ложа.

Таблица 4–Количество и распределение озер по изрезанности береговой линии (извилистость)

Степень изрезанности береговой линии	Коэффициент изрезанности	Количество озер, в %
Слабоизрезанные	Менее 1,5	96,2
Среднеизрезанные	1,5-2,0	3,8
Сильноизрезанные	Более 2,0	-

Большинство озер (96,2 %) имеет коэффициент изрезанности менее 1,5. Пониженные значения показателя развития береговой линии обычно характерны для суффозионных озер, высокие – для пойменных и дельтовых водоемов. В целом для Ертисского ВХБ величина данного показателя (менее 1,5) указывает на преобладание процесса сглаживания береговой линии озер.

Объем воды в озере ( $V$ ) вычислялся в млн. кубических метрах аналитическим способом. Где определялись объемы слоев воды озера, ограниченные плоскостями изобат, принимаемые за правильные геометрические фигуры (чаще всего усеченный конус или призма). Сумма объемов слоев – это общий объем воды в озере (Таблица 5).

Таблица 5– Количество озер и их распределение по градациям объема.

Градация объема	Объем озера, млн. м <sup>3</sup>	Количество озер, в %
Очень малые	менее 1,0	13,9
Малые	1,01-5,0	50,0
Средние	5,01-10,0	11,1
Большие	10,01-20,0	19,4
Крупные	20,01-100,0	5,6

Батиграфические и объемные кривые имеют большое практическое значение при проектировании гидросооружений, расчете теплового и кислородного запаса. Они дают возможность прогнозировать объем и площадь озера при колебании уровня, проектировании озерного водохранилища, планировании объемов заборов воды.

Распределение озер по градациям средней глубины представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Количество и распределение озер по градациям средней глубины.

Градация глубины	Средняя глубина, м	Количество озер, в %
Очень малые	менее 2,50	75,0
Малые	2,51-5,0	11,1
Средние	5,01-10,0	8,3
Большие	10,01-15,0	5,6
Очень большие	15,01-20,0	-

Максимальная глубина исследуемых озер относительно не велика и редко превышает 5 метров. Значения максимальных глубин озер могут косвенно свидетельствовать об их генезисе: большие максимальные глубины обычно имеют озера тектонического происхождения. Более половины озер – имеют максимальную глубину 1-2 м. Такие малые максимальные глубины обычно характерны для озер суффозионного происхождения.

К наиболее глубоководным озерам можно отнести озера с абсолютной глубиной более 5 м, таковых обнаружено 8: Жасыбай (14,5 м), Коржыноколь (15,0 м), Рахмановское (26,0 м), Бухтарма (24,0 м), Кемерколь (13,0 м), Караколь (9,0 м), Сабырбай (8,0 м), Караколь (9,0 м).

Форму озерной котловины, наряду с другими морфометрическими показателями, характеризует коэффициент удлиненности, то есть отношение длины к средней ширине ( $\frac{H_{cp}}{L}$ ) по надводной конфигурации озерной котловины. С достаточной степенью условности выделяются озера по форме котловины: округлые, овальные, удлиненные (Таблица 8).

Таблица 7– Количество и распределение озер по форме котловины

Форма котловины	Коэффициент удлиненности	Количество озер, в %
Округлая	менее 1,50	9,6
Овальная	1,5-2,0	17,3
Удлиненная	более 2,0	73,1

Морфометрические особенности каждого озера создают сложные взаимоотношения между строением котловины и водной массой, что находит отражение в гидрологических и биохимических характеристиках водоема, а в некоторых случаях имеет типологическое значение.

Глубинность характеризует укрытость озерной котловины, степень стратифицированности водной массы, мощность гипolimниона, различия гидрохимических показателей поверхности и придонных слоев. Наибольшей величины (12,1) коэффициент

относительной глубины достигает в небольших озерах: (Рахмановское), наименьшее значение его 0,09 (Донгелексор) (Таблица 8).

Таблица 8– Количество и распределение озер по грациям относительной глубины (глубинности).

Коэффициент относительной глубины	Количество озер, в %
менее 1,0	63,9
1,0-5,0	25,0
5,1-10	8,3
более 10	2,8

Показатель открытости позволяет судить о степени перемешивания водных масс и возможности возникновения стратиграфии. Мелководность большинства озер рассматриваемой территории обеспечивает перемешивание вод вследствие ветровых процессов и, соответственно, улучшение режима внутренней циркуляции водной массы (Таблица 9).

Таблица 9– Количество и распределение озер по степени открытости.

Степень открытости котловины	Показатель открытости	Количество озер, в %
Слабо открытые	менее 0,1	-
Умеренно открытые	0,1-0,5	11,1
Открытые	0,51-5,0	50,0
Хорошо открытые	более 5,0	38,9

Последний особенно наглядно характеризует своеобразие крупных, с округлыми открытыми котловинами, водоемов. У озера Рахмановское, например, показатель открытости наименьший – 0,10, наибольший в озерах Донгелексор – 18,2, Киндикти – 11,8. Коэффициент емкости в этих водоемах равен соответственно 0,50; 0,19; 0,56. В глубоких, но небольших озерах показатель открытости резко снижается. Например, в озерах Рахмановское, Бухтарма, Караколь.

Показатель формы озерной котловины свидетельствует о характере озерной котловины. Для цилиндра  $C_f$  равен 1 близкие к этой группе озера Кишибайсор и Калатуз, для полуэллипсоида  $2/3$  - (Догабассор, Музколь, Кабантакыр), для параболоида  $1/2$  (Рахмановское, Жанан), для конуса  $1/3$  (Шандакколь). Форма котловины оказывает большое влияние на внутриводоемные процессы (перемешивание, газовый режим, др.).

Морфометрические особенности водоемов оказывают существенное воздействие на их режим. Так, при прочих равных условиях, в мелком озере с большой площадью поверхности вода сильнее перемешивается ветром, чем в глубоком, а физико-химические показатели распределяются по глубине равномернее. Соотношение размеров водоема и водосбора играет важную роль в формировании гидрологического режима. В качестве показателя этого соотношения принят удельный водосбор – отношение площади водосбора (F) к площади зеркала водоема ( $f_0$ ):  $\Delta F = F/f_0$ . Чем больше площадь водосбора по сравнению с площадью зеркала, т.е. чем больше удельный водосбор, тем сильнее влияние водосбора на режим водоема. Распределение озер по степени удельного водосбора представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Количество и распределение озер по степени удельного водосбора.

Степень удельного водосбора	Показатель удельного водосбора	Количество озер, в %
Очень малый	менее 2,0	-
Малый	2,0-8,0	2
Средний	8,01-32,0	39
Большой	32,01-128	39
Очень большой	более 128	20

### Заключение

Основная цель данной работы заключалась в исследовании современного состояния естественных малых озер Ертисского ВХБ. Для достижения поставленной цели идентифицированные картографическим способом и по продуктам ДЗЗ озера сопоставлены с результатами экспедиционных исследований, верифицировано 52 репрезентативных малых озер с площадью зеркала от 1 до 10 км<sup>2</sup>, для которых были определены морфометрические характеристики.

Значительная часть исследуемых озер имеет показатель удлиненности формы котловины более 2,0 (73,1 %), а по форме очертаний водной поверхности относится к удлиненным озерам, с показателем развития береговой линии менее 1,5 (96,2 %). Большинство озер (75 %) имеют среднюю глубину до 2,5 м, по площади водной поверхности преобладают озера с площадью от 1 до 5 км<sup>2</sup>, до (85,5 %). У половины озер емкость озерной котловины находится в пределах от 1,01 до 5,0 млн. м<sup>3</sup>.

Таким образом, анализ всех имеющихся фондовых данных, в т.ч. кадастровых справочников, литературных источников, результатов полевых измерений позволил группировать и классифицировать озера по основным морфометрическим характеристикам. Дальнейшие исследования водоемов предусматривают паспортизацию озер.

### Благодарность

Данное исследование проведено в рамках программы «Разработка паспортов малых озер Казахстана» РГУ "Комитет по водным ресурсам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан" (договор №73 от 17 августа 2020 года) с АО «Институт географии и водных проблем». В 2020 году проведены работы по инвентаризации озер Ертисского водохозяйственного бассейна с целью изучения состояния и раскрытия всех аспектов ресурсного потенциала малых озер исследуемого бассейна.

Выражаем благодарность сотрудникам АО «Институт географии и водной безопасности» Центра «Геоинформационные технологии» за проведение идентификационных работ, сотрудникам лаборатории «Геотуризма и геоморфологии» и лаборатории «Гидрохимии и экологической токсикологии» за содействие в проведении полевых работ.

### Список литературы

1. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и южного Казахстана (Справочник). – Алма-Ата: Изд-во Наука Казахской ССР, 1973. – 198 с.
2. Разработка Атласа озер Казахстана: отчет о НИР (заключительный) / ТОО «Институт географии»: рук. А. Медеу. – Алматы, 2018. – 273 с.
3. Национальный Атлас Республики Казахстан, том 1. Природные условия и ресурсы. – Алматы, 2010. - 80 с.
4. Copernicus: Sentinel-2. The Optical Imaging Mission for Land Services. – URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2> (дата обращения: 20.01.2021)

5. Анализ и подготовка данных ДЗЗ из открытых источников для систем точного земледелия [Электронный ресурс]. – URL: <https://gisinfo.ru/item/120.htm> (дата обращения: 20.01.2021)
6. McFeeters S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. – 1996. – Vol. 17, Issue 7. – P.1425-1432. – URL: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714> (дата обращения: 20.01.2021)
7. McFeeters S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. – 1996. – Vol. 17, Issue 7. – P.1425-1432. – URL: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714> (дата обращения: 20.01.2021)
8. Ping-Sung Liao, Tse-Sheng Chen, Pau-Choo Chung A. Fast Algorithm for Multilevel Thresholding // J. Inf. Sci. – 2001. – Eng. 17. – P. 713-727.
9. СТО ГГИ 52.08.40-2017. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам российской федерации и спутниковым снимкам. – СПб.: ООО «РПЦ Офорт», 2017.
10. СП РК 1.02-105-2014. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
11. СП РК 1.02-101-2014. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Основные положения.
12. СН РК 1.03-03-2013. Геодезические работы в строительстве. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Строительные нормы Республики Казахстан. Министерство национальной экономики Республики Казахстан. Дата введения: 2015-07-01.
13. ГКИНП (ГНТА)-08-003-07. Основные положения по созданию и обновлению топографических карт масштабов 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. Геодезические, картографические инструкции нормы и правила. Утверждены приказом Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами от 25 декабря 2007 г., № 200-П.
14. ГКИНП (ОНТА)-05-005-07. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. Геодезические, картографические инструкции нормы и правила. Астана 2008. Утверждены приказом Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами от 7 октября 2009 г., № 175-П.
15. ГКИНП (ГНТА)-02-028-09. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500. Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. Геодезические, картографические инструкции нормы и правила. Астана 2009. Утверждены приказом Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами от 15 декабря 2009 г., № 222-П.
16. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500. – ГУГК, 1989.
17. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5 000-1:500. – 1989. Руководство по эксплуатации Spectra Precision.
18. Быстрицкая О. О. Применение беспилотных летательных аппаратов для корректировки карт и планов. – СПб., 2018. – № 50 (236).
19. Муравлев Г.Г. Малые озера Казахстана. (Ресурсы и использование в сельскохозяйственном производстве). – Алма-Ата, «Кайнар», 1973. – 180 с.
20. Жумангалиева З.М. Озерный фонд Казахстана: дис. ... канд. геогр. наук 25.00.27; Российский гос. гидрометео. ун-т. – Санкт-Петербург, 2014. – 159 с.

21. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана: (Озера, водохранилища и ледники) / П. П. Филонец. - Алма-Ата: Наука, 1981. - 232 с.
22. Озера Казахстана: альбом-справочник; отв. ред. А.А. Турсунов. – Институт географии АН Каз. ССР. – Алма-Ата, 1987. – 141 с.
23. Borden C., Roy D. Water Quality Monitoring System Design // The International Institute for Sustainable Development Published by the International Institute for Sustainable Development. – 2015. – 47 p.
24. Pfeifle C.A., Cain J.L., Rasmussen R.B. Triangle Area Water Supply Monitoring Project, North Carolina-Summary of monitoring activities, quality assurance, and data, October 2015–September 2017: U.S. Geological Survey Open-File Report 2019–1077. – 2019. – 16 p. (<https://doi.org/10.3133/ofr20191077>).
25. The Hydrology of the UK. A study of change. Edited by Mike Acreman. – London and New York, 2000. – 303 p.
26. Water Resources an integrated approach. Edited by Joseph Holden. – London and New York, 2014. – 371 p.
27. Loucks D.P., Van Beek E. Water Resource Systems Planning and Management. – 2016. – 624 p. (DOI 10.1007/978-3-319-44234-1).
28. Stephenson D., Shemang E.M., Chaoka T.R. Water Resources of Arid Areas. – London, 2014. – 740 p.
29. Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю., Нургалиева З.М., Палагушкина О.В., Павлова Л.Р. Озера г. Казани и проблемы малых озер // Экология города Казани. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2005. С. 120-134.
30. Гелашвили Д.Б., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.М. Паспортизация городских водоемов (методические рекомендации) // Биржа интеллектуальной собственности. 2007. Т. 6. № 7. С. 17-21.
31. Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю., Палагушкина О.В., Набеева Э.Г., Павлова Л.Р., Зарипова Н.Р. Инвентаризация и паспортизация водных объектов в г. Казани // Проблемы охраны вод и рыбных ресурсов Поволжья. Матер. V Поволжской гидроэкологической конфер. - Казань, 2009. С. 107-109.
32. Мингазова Н.М., Котов Ю.С. Казанские озера (исторический обзор). Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. – 175 с.
33. Озера Среднего Поволжья / Под ред. Сорокина И.Н., Петровой Р.С. – Л.: Наука, 1976. – 236 с.
34. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Зинченко Т.Д., Перешивайлов Л.А. Об экологической паспортизации городских водоемов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2001. Т. 3. № 2. С. 254-264.
35. ВТОРАЯ ОЦЕНКА трансграничных рек, озер и подземных вод ООН, Нью-Йорк и Женева, глава 5, 2011.
36. Доклад. Инвентаризация и паспортизация водоемов в Кыргызской Республике, Бишкек – 2015 г.
37. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.un-ilibrary.org/natural-resources-water-and-energy/inventory-of-shared-water-resources-in-western-asia\\_1e13e538-en](https://www.un-ilibrary.org/natural-resources-water-and-energy/inventory-of-shared-water-resources-in-western-asia_1e13e538-en). Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. UN-ESCWA and BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). – Beirut, 2013. – 610 p. – Дата обращения: 15.10.2019.
38. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://waterinventory.org/> Inventory of shared water resources in Western Asia. Дата обращения: 12.11.2019.
39. Реки Ближнего Востока. Часть 1. Евфрат, Оронт // Информационный справочник №47. НИЦ МКВК. – Ташкент, 2015. – 84 с.

40. Богословский Б.Б. и др. Общая гидрология (гидрология суши). – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 422 с.
41. Иванов П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. – Л., 1948. – №20. – С. 29–36.
42. Захаренков И.С. О лимнологической классификации озер Белоруссии // Биологические основы рыбного хозяйства на внутренних водоемах Прибалтики. – Минск, 1964. – С. 175–176.
43. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
44. Лопух П.С. Якушко О.Ф. Общая лимнология. – Минск, 2011. – С. 65–95.

## References

1. Filonec P.P., Omarov T.R. Oзера Central'nogo i juzhnogo Kazahstana (Spravochnik). Alma-Ata: Izd-vo Nauka Kazahskoj SSR, 1973. 198 s.
2. Razrabotka Atlasa ozer Kazahstana: otchet o NIR (zakljuchitel'nyj). TOO «Institut geografii»: ruk. A. Medeu. Almaty, 2018. 273 s.
3. Nacional'nyj Atlas Respubliki Kazahstan, tom 1. Prirodnye uslovija i resursy, Almaty, 2010. 80 s.
4. Copernicus: Sentinel-2. The Optical Imaging Mission for Land Services. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2> (data obrashhenija: 20.01.2021)
5. Analiz i podgotovka dannyh DZZ iz otkrytyh istochnikov dlja sistem tochnogo zemledelija [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://gisinfo.ru/item/120.htm> (data obrashhenija: 20.01.2021)
6. McFeeters S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing. 1996. Vol. 17, Issue 7. P.1425-1432. URL: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714> (data obrashhenija: 20.01.2021)
7. McFeeters S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing. 1996. Vol. 17, Issue 7. P.1425-1432. URL: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714> (data obrashhenija: 20.01.2021)
8. Ping-Sung Liao, Tse-Sheng Chen, Pau-Choo Chung A. Fast Algorithm for Multilevel Thresholding. J. Inf. Sci. 2001. Eng. 17. P. 713-727.
9. STO GGI 52.08.40-2017. Opredelenie morfometricheskikh harakteristik vodnyh ob#ektov sushi i ih vodosborov s ispol'zovaniem tehnologii geograficheskikh informacionnyh sistem po cifrovym kartam rossijskoj federacii i sputnikovym snimkam. SPb.: ООО «RPC Ofort», 2017.
10. SP RK 1.02-105-2014. Inzhenernye izyskanija dlja stroitel'stva. Osnovnye polozhenija.
11. SP RK 1.02-101-2014. Inzhenerno-geodezicheskie izyskanija dlja stroitel'stva. Osnovnye polozhenija.
12. SN RK 1.03-03-2013. Geodezicheskie raboty v stroitel'stve. Gosudarstvennye normativy v oblasti arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva Stroitel'nye normy Respubliki Kazahstan. Ministerstvo nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan. Data vvedenija: 2015-07-01.
13. GKINP (GNTA)-08-003-07. Osnovnye polozhenija po sozdaniju i obnovleniju topograficheskikh kart masshtabov 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. Agentstvo Respubliki Kazahstan po upravleniju zemel'nymi resursami. Geodezicheskie, kartograficheskie instrukcii normy i pravila. Utverzhdeny prikazom Agentstva Respubliki Kazahstan po upravleniju zemel'nymi resursami ot 25 dekabrja 2007 g., № 200 s.

14. GKINP (ONTA)-05-005-07. Instrukcija po fotogrammetricheskim rabotam pri sozdanii cifrovyh topograficheskikh kart i planov. Agentstvo Respubliki Kazahstan po upravleniju zemel'nymi resursami. Geodezicheskie, kartograficheskie instrukcii normy i pravila. Astana 2008. Utverzhdeny prikazom Agentstva Respubliki Kazahstan po upravleniju zemel'nymi resursami ot 7 oktjabrja 2009 g., № 175 s.
15. GKINP (GNTA)-02-028-09. Instrukcija po topograficheskoj s'emke v masshtabah 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500. Agentstvo Respubliki Kazahstan po upravleniju zemel'nymi resursami. Geodezicheskie, kartograficheskie instrukcii normy i pravila. Astana 2009. Utverzhdeny prikazom Agentstva Respubliki Kazahstan po upravleniju zemel'nymi resursami ot 15 dekabrja 2009 g., № 222 s.
16. Uslovnye znaki dlja topograficheskikh planov masshtabov 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500. GUGK, 1989.
17. Instrukcija po topograficheskoj s'emke v masshtabah 1:5 000-1:500. 1989. Rukovodstvo po jekspluatacii Spectra Precision.
18. Bystrickaja O. O. Primenenie bespilotnyh letatel'nyh apparatov dlja korrekcirovki kart i planov. SPb., 2018. № 50 (236).
19. Muravlev G.G. Malye ozera Kazahstana. (Resursy i ispol'zovanie v sel'skohozjajstvennom proizvodstve). Alma-Ata, «Kajnar», 1973. 180 s.
20. Zhumangalieva Z.M. Ozernyj fond Kazahstana: dis. ... kand. geogr. nauk 25.00.27; Rossijskij gos. gidrometeo. un-t. Sankt-Peterburg, 2014. 159 s.
21. Oчерки po geografii vnutrennih vod Central'nogo, Juzhnogo i Vostochnogo Kazahstana: (Ozera, vodohranilishha i ledniki). P. P. Filonec. Alma-Ata: Nauka, 1981. 232 s.
22. Ozera Kazahstana: al'bom-spravochnik; otv. red. A.A. Tursunov. Institut geografii AN Kaz. SSR. Alma-Ata, 1987. 141 s.
23. Borden C., Roy D. Water Quality Monitoring System Design. The International Institute for Sustainable Development Published by the International Institute for Sustainable Development. 2015. 47 p.
24. Pfeifle C.A., Cain J.L., Rasmussen R.B. Triangle Area Water Supply Monitoring Project, North Carolina-Summary of monitoring activities, quality assurance, and data, October 2015 September 2017: U.S. Geological Survey Open-File Report 2019-1077. 2019. 16 p. (<https://doi.org/10.3133/ofr20191077>).
25. The Hydrology of the UK. A study of change. Edited by Mike Acreman. London and New York, 2000. 303 p.
26. Water Resources an integrated approach. Edited by Joseph Holden. London and New York, 2014. 371 p.
27. Loucks D.P., Van Beek E. Water Resource Systems Planning and Management. 2016. 624 r. (DOI 10.1007/978-3-319-44234-1).
28. Stephenson D., Shemang E.M., Chaoka T.R. Water Resources of Arid Areas. London, 2014. 740 p.
29. Mingazova N.M., Derevenskaja O.Ju., Nurgalieva Z.M., Palagushkina O.V., Pavlova L.R. Ozera g. Kazani i problemy malyh ozer. Jekologija goroda Kazani. Kazan': Izd-vo «Fjen» AN RT, 2005. S. 120-134.
30. Gelashvili D.B., Zinchenko T.D., Rozenberg G.M. Paspportizacija gorodskih vodoemov (metodicheskie rekomendacii). Birzha intellektual'noj sobstvennosti. 2007. T. 6. № 7. S. 17-21.
31. Mingazova N.M., Derevenskaja O.Ju., Palagushkina O.V., Nabeeva Je.G., Pavlova L.R., Zaripova N.R. Inventarizacija i pasportizacija vodnyh ob'ektov v g. Kazani. Problemy ohrany vod i rybnyh resursov Povolzh'ja. Mater. Y Povolzhskoj gidrojekologicheskoj konfer. Kazan', 2009. S. 107-109.
32. Mingazova N.M., Kotov Ju.S. Kazanskije ozera (istoricheskij obzor). Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 1989. 175 s.
33. Ozera Srednego Povolzh'ja. Pod red. Sorokina I.N., Petrovoj R.S. L.: Nauka, 1976. 236 s.

34. Rozenberg G.S., Gelashvili D.B., Zinchenko T.D., Pereshivajlov L.A. Ob jekologicheskoy pasportizacii gorodskih vodoemov. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2001. T. 3. № 2. S. 254-264.
35. VTORAJA OCENKA transgranichnyh rek, ozer i podzemnyh vod OON, N'ju-Jork i Zheneva, glava 5, 2011.
36. Doklad. Inventarizacija i pasportizacija vodoemov v Kyrgyzskoj Respublike, Bishkek. 2015 g.
37. [Jelektronnyj resurs] Rezhim dostupa: [https://www.un-ilibrary.org/natural-resources-water-and-energy/inventory-of-shared-water-resources-in-western-asia\\_1e13e538-en](https://www.un-ilibrary.org/natural-resources-water-and-energy/inventory-of-shared-water-resources-in-western-asia_1e13e538-en). Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. UN-ESCWA and BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). Beirut, 2013. 610 p. Data obrashhenija: 15.10.2019.
38. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://waterinventory.org/> Inventory of shared water resources in Western Asia. Data obrashhenija: 12.11.2019.
39. Reki Blizhnego Vostoka. Chast' 1. Evfrat, Oront. Informacionnyj spravocnik №47. NIC MKVK. Tashkent, 2015. 84 s.
40. Bogoslovskij B.B. i dr. Obshhaja gidrologija (gidrologija sushi). L.: Gidrometeoizdat, 1984. 422 s.
41. Ivanov P.V. Klassifikacija ozer mira po velichine i po ih srednej glubine. Bjulleten' LGU. L., 1948. №20. S. 29–36.
42. Zaharenkov I.S. O limnologicheskoy klassifikacii ozer Belorussii. Biologicheskie osnovy rybnogo hozjajstva na vnutrennih vodoemah Pribaltiki. Minsk, 1964. S. 175–176.
43. Kitaev S.P. Osnovy limnologii dlja gidrobiologov i ihtiologov. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2007. 395 s.
44. Lopuh P.S. Jakushko O.F. Obshhaja limnologija. Minsk, 2011. S. 65–95.

### Түйіндеме

### ЕРТІС СУШАРУАШЫЛЫҚ АЛАБЫНЫҢ ТАБИҒИ ШАҒЫН КӨЛДЕРІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

С.К. Алимкулов<sup>1</sup>, А.А. Турсунова<sup>1</sup>, К.М. Кулебаев<sup>1</sup>, Л.М. Биримбаева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ  
Алматы, Қазақстан Республикасы

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Алматы, Қазақстан Республикасы

Мақалада Ертіс сушаруашылық алабының табиғи шағын көлдерінің морфометриялық зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу мақсаты – аталған алаптың табиғи шағын көлдерінің қазіргі жағдайын морфометриялық сипаттамаларға сүйене отырып бағалау. Картографиялық әдістер, ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу қолданылды, жүйелік және салыстырмалы талдаулар жасалды, далалық зерттеулер жүргізілді. Нәтижесінде көл бетінің айдын ауданы 1-ден 10 км<sup>2</sup>-ге дейінгі 52 шағын көл сәйкестендірілді және олар су бетінің ауданы, максималды ұзындығы мен енінің қатынасы, ұзару коэффициенті, жағалау сызығының керілуі, сыйымдылығы бойынша жіктелді. Зерттеу алаптың шағын көлдерінің паспорттарын әзірлеу үшін олардың қазіргі жағдайы туралы объективті баға беруге және оларды Қазақстан Республикасының көлдер қорының су ресурстарын бағалау, болжау және басқару саласында шешімдер қабылдау үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: көл, морфометрия, тереңдік, су бетінің ауданы, су шаруашылық алап.

### Summary

**THE CURRENT STATE OF NATURAL SMALL LAKES  
YERTIS WATER MANAGEMENT BASIN**

S.K. Alimkulov<sup>1</sup>, A.A. Tursunova<sup>1</sup>, K.M. Kulebaev<sup>1</sup>, L.M. Birimbaeva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>JSC «Institute of Geography and Water Security»

Almaty, Republic of Kazakhstan;

<sup>2</sup>Kazakh national university named after al-Farabi

Almaty, Republic of Kazakhstan.

The article presents the results of morphometric studies of natural small lakes of the Yertis water basin. The aim of the study is to assess the current state of the natural small lakes of the named basin on the basis of morphometric characteristics. Cartographic methods were used, satellite images were decrypted, system and comparative analyses were applied, field studies were conducted. As a result, 52 small lakes with a mirror area from 1 to 10 km<sup>2</sup> were identified and classified by the water surface area, by the ratio of maximum length and width, by the elongation coefficient, by the roughness of the coastline, by capacity. This study will provide an objective assessment of the current state of the small lakes of the basin for the further development of passports of small lakes and the possibility of their use for decision-making in the field of assessment, forecasting and management of water resources of the lake fund of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: lake, morphometry, depth, water surface area, water management basin.

Авторы:

**Алимкулов Саят Курбанбаевич** АО «Институт географии и водной безопасности»; Алматы, Республика Казахстан; кандидат географических наук; +77016224327; [sayat.alimkulov@mail.ru](mailto:sayat.alimkulov@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3236-2084>

**Турсунова Айсулу Алашевна**

1АО «Институт географии и водной безопасности»; Алматы, Республика Казахстан

Кандидат географических наук; +77714738245; [ais.tursun@bk.ru](mailto:ais.tursun@bk.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7814-0228>

**Кулебаев Кайрат Муратович**

АО «Институт географии и водной безопасности»; Алматы, Республика Казахстан

+77073211351; [kairat.kulebayev@mail.ru](mailto:kairat.kulebayev@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3421-3103>

**Биримбаева Ляззат Муратбековна**

1. АО «Институт географии и водной безопасности»; 2. Казахский национальный университет имени аль-Фараби; Алматы, Республика Казахстан; +77077890103, [mysterious\\_li@mail.ru](mailto:mysterious_li@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6021-9309>