

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-4-30-43.44>

МРНТИ 70.27.17

УДК 556.551

Т. Н. Самарханов¹, А. Б. Мырзагалиева*², А. М. Задагали³, Б. З. Медеубаева⁴

¹ PhD, и.о. ассоциированного профессора

(Международный университет «Астана», Астана, Казахстан; talant.68@mail.ru)

^{2*} Д. б. н., профессор

(Международный университет «Астана», Астана, Казахстан; an.myrzagaliyeva@gmail.com)

³ Магистр естественных наук, старший преподаватель

(Международный университет «Астана», Астана, Казахстан; Z.a.aizhan1993@gmail.com)

⁴ Магистр химии, старший преподаватель

(Международный университет «Астана», Астана, Казахстан; medeubayeva_bz@mail.ru)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИБИНСКИХ ОЗЕР

Аннотация. Приведены результаты исследования морфометрических показателей и гидрохимического режима Сибирских озер, расположенных на высотах от 710 до 880 м над уровнем моря в горах Коктау Калбинского хребта Восточно-Казахстанской области. Озера тектонического происхождения, занимают общую площадь около 31 км². Глубина озерных котловин варьируется от 2 до 51 м: озеро Шалкар как крупнейший водоем достигает максимальной глубины 51 м, в то время как озеро Караколь имеет глубину до 3 м. По площади зеркал озера Садырколь и Караколь классифицируются как мелкие, а озера Коржынколь, Торткара и Шалкар – как средние. Длина береговой линии варьируется от 2,6 км (озеро Караколь) до 9,4 км (озеро Шалкар), в среднем составляя 5,8 км. Рассмотрены гидрохимические параметры воды, включая содержание основных анионов и катионов, концентрацию кислорода, pH, минерализацию и жесткость. Химический состав воды определен как гидрокарбонатно-кальциевый тип, слабominерализованный и с высокой щелочностью. Данные исследования показали стабильный кислородный режим, низкую окисляемость и малую цветность воды, что способствует развитию рекреационного потенциала региона. Результаты работы служат основой для дальнейшего мониторинга водоемов и оценки изменений, вызванных антропогенными воздействиями и климатическими условиями. Подтверждается высокая экологическая устойчивость водоемов, что способствует их эффективному использованию в рекреационных целях.

Ключевые слова: Сибирские озера, Садырколь, Торткара, Шалкар, Коржынколь, Караколь, морфометрия, гидрохимия.

Введение. Группа Сибирских озер – уникальное природное явление, расположенное ступенчато у южной окраины массива Коктау Калбинского хребта, что придает данной территории особую рекреационную ценность. В группу входят пять озер: Садырколь (Ыстыкпа), Торткара (Дуйсен), Шалкар (Ульмейс), Коржынколь (Алка) и Караколь (Сасыкколь). Каждое из пяти озер окаймлено скалами, практически лишены растительности, высота которых достигает 1000–1300 м над уровнем моря. Наличие двух названий у Сибирских озер связано с историко-культурными и этнолингвистическими особенностями региона. Первые названия, такие, как Садырколь, Торткара, Шалкар, Коржынколь и Караколь, являются более официальными и используются в современной географической и научной литературе. Вторые названия – Ыстыкпа, Дуйсен, Ульмейс, Алка и Сасыкколь чаще происходят из казахских диалектов и связаны с народной топонимикой, отражая особенности быта, исторические события или природные свойства этих озер. Такое дублирование нередко встречается в казахской топонимике, особенно в тех местах, где природа имеет важное культурное и хозяйственное значение для местного населения.

Сибирские озера в целом остаются малоизученными с точки зрения гидрологии, гидрохимии и биологии. В монографии Филонца П. П. «Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана (озера, водохранилища и ледники)» [1] представлены сведения о водоемах, включая их общую характеристику, физико-химические параметры, морфометрию, генезис озерных котловин, а также данные о водном режиме и балансе. В частности, рассмотрены

уровень минерализации, химический состав воды и видовой состав растительности для четырех озер Сибирской группы. Отдельные предварительные исследования также затрагивают таксономию водных водорослей и многофакторные экологические и биологические особенности Сибирских озер [2, 3].

Имеются труды, посвященные рекреационным возможностям и перспективам развития туристской деятельности Восточного Казахстана, в которых особое внимание уделяется Сибирским озерам. Авторы подчеркивают их живописность, удобное транспортное расположение, а также высокий потенциал для развития водного туризма и пляжного отдыха [4-6].

В настоящее время Сибирские озера активно используются для организации пляжного и спортивного отдыха, привлекая дайверов, фридайверов и подводных охотников. Озера обладают удобными условиями для различных водных активностей, таких, как катание на катерах, гидроциклах, моторных лодках, водных лыжах и пляжный отдых. Берега озер подходят как для кратковременного, так и для длительного отдыха: для первого организуются выезды на природу, для второго развиваются базы и дома отдыха. Функционирующие базы отдыха способствуют развитию рекреационной инфраструктуры региона.

Многочисленные исследования, проведенные в разных географических и климатических регионах мира, выявляют зависимость геохимического состава озерных вод от местных геологических условий, включая состав коренных пород, химические свойства воды и гидравлические процессы [7-10]. Учитывая вклад озер в привлекательность ландшафта и расширение возможностей для досуга [11-13], для их дальнейшего рекреационного использования требуется изучение морфометрических характеристик и гидрохимического состава воды. Эти исследования помогут оценить состояние водоемов, их способность к самоочищению и устойчивость к антропогенной нагрузке, что будет способствовать их рациональному использованию в туристической и оздоровительной деятельности.

Материал и методы исследования. Морфометрические характеристики озер отражают как особенности формирования котловины, так и процессы, происходящие в водной толще. В качестве основных анализируемых морфометрических показателей нами выбраны площадь зеркал озер, объем водной массы, максимальная длина и ширина озер, их максимальные глубины. На основе указанных параметров рассчитывались коэффициент удлиненности и степень развития береговой линии [14].

В ходе полевых исследований максимальная глубина была определена с использованием ручного эхолота Speedtech Depthmate SM-5. Батиметрическая съёмка проводилась по системе параллельных галсов, ориентированных вдоль длинной оси озера, со средним шагом между галсами около 15 м и перекрытием не менее 10 %. Для уточнения рельефа дна выполнялись дополнительные поперечные галсы. Глубины регистрировались с дискретностью 0,5-1 м по ходу движения лодки. Точность измерений соответствовала паспортным характеристикам прибора ($\pm 0,1$ м). Положение галсов и контрольных точек фиксировалось с использованием ручного GPS-приёмника с типовой горизонтальной точностью до 3-5 м. Площадь охвата батиметрической съёмки соответствовала площади акватории каждого исследуемого озера и обеспечивала картирование 90-95% его поверхности [15].

Параметры водной поверхности, такие, как максимальная длина, максимальная ширина, площадь и длина береговой линии, были измерены для каждого водоема с помощью Google Earth Pro и уточнены на основе топографических карт масштабов 1:50 000 – 1:200 000.

Материалы по гидрохимии системы Сибирских озер написаны по данным исследований четырех озер: Садырколь, Торткара, Шалкар, Коржынколь. С каждого озера отобраны по четыре пробы воды, всего проб – 16. Содержание растворенного в воде кислорода определили на месте кислородомером МАРК 302 – Э, рН измеряли с помощью рН-метра типа Марк-901. Гидрохимические исследования и отбор проб воды проводили по общепринятым методикам [16, 17]. Пробы отбирали из поверхностного слоя воды при помощи пробоотборной системы СП-2. Пробы воды отбирали в профундали и литорали.

Гидрохимические анализы проведены в аналитической лаборатории ТОО «Лаборатория-Атмосфера». Испытания проводились в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [18].

Соответствие результатов анализов рыбохозяйственным ПДК проводились по общепринятому «Обобщенному перечню ПДК...» [19, 20].

Гидрохимические пробы проанализированы по 17 показателям, включая изучение газового режима, содержания основных ионов и биогенных веществ.

Деление вод по преобладающим ионам и по соотношению между ними проведено по классификации О. А. Алекина. По преобладающему аниону О. А. Алекиным [21] выделяются три класса вод: гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные. По ведущему катиону различают группы кальциевых, магниевых и натриевых вод. Соотношение ионов позволяет установить различные типы вод.

Результаты. Сибинские озера представляют собой однотипные тектонические образования, занимающие общую площадь около 31 км². Глубина озерных котловин варьируется от 2 до 48 м. Согласно батиметрическим измерениям 2018 года озеро Торткара имеет глубину 19 м, а озеро Шалкар – 51 м (рисунок 1, таблица 1). Средняя прозрачность воды в озерах достигает 6-7 м, при этом озеро Шалкар как крупнейший и самый глубокий водоем Сибинской группы отличается максимальной прозрачностью воды до 11 м [13, 22].

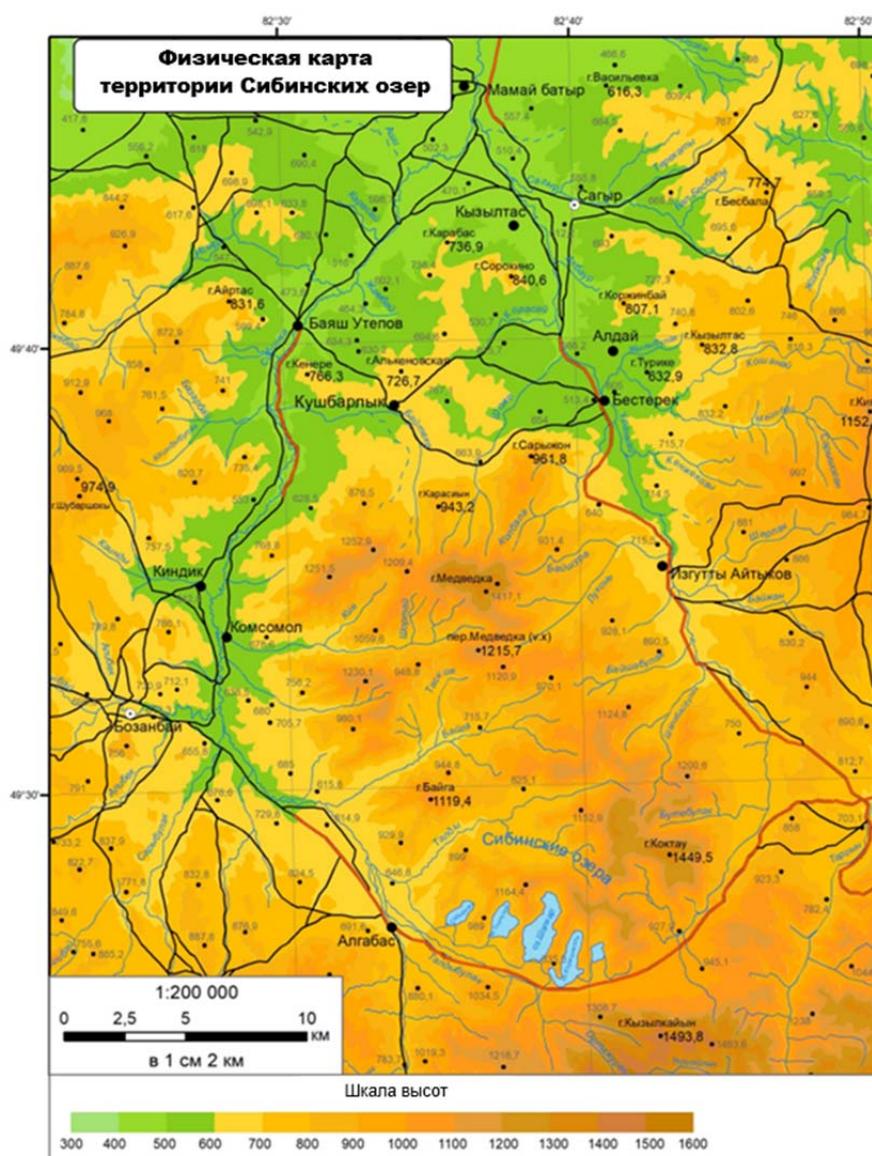


Рисунок 1 – Физическая карта территории Сибинских озер

Figure 1 – Physical Map of the Sibe Lakes Area

Таблица 1 – Морфометрические показатели озер Сибирской группы

Table 1 – Morphometric Indicators of the Sibe Lake Group

Показатели		Садырколь	Торткара	Шалкар	Коржынкoль	Караколь
Высота над уровнем моря, м		714	772	822	841	867
Площадь зеркала озера, км ²		0,69	1,19	2,69	1,6	0,37
Объем водной массы, км ³		4,1x10 ⁻³	1,51x10 ⁻²	8,61x10 ⁻²	1,65x10 ⁻²	–
Максимальная длина озера, км		1,4	1,7	3,1	2,5	0,9
Ширина	максимальная, км	0,6	1,1	1,4	0,95	0,72
	средняя, км	0,5	0,7	0,9	0,64	0,6
Максимальная глубина, м		9	19	51	15,5	–
Длина береговой линии, км		3,8	5,2	9,4	7,8	2,6
Изрезанность береговой линии		0,13	1,34	1,6	1,7	1,2
Коэффициент удлиненности		2,8	2,4	3,4	3,9	1,5

Гидрологические процессы в озерах до конца не изучены. Предположительно глубокие водоносные горизонты проходят через подземные морфоструктурные трещины в магматических породах, формирующих региональную геологическую основу [14]. Нижняя часть озерных котловин сложена рыхлыми песчано-гравийными отложениями. Основное питание водоемов обеспечивается за счет родников, а также весеннего таяния снегов. Кроме того, в озера поступают небольшие сезонные притоки с окружающих холмов, а основной приток сточных вод наблюдается в конце весны (май). Два годовых пика осадков – в марте (102 мм) и августе (85 мм) способствуют временному насыщению верхнего слоя почвы и повышению уровня воды, который достигает максимальных значений в апреле-мае, а затем постепенно снижается в течение летних месяцев (июнь-июль) [22].

Береговая линия озер слабо изрезана, берега преимущественно скалистые и круто спускаются к воде. Литоральная зона выражена слабо, главным образом на юго-восточных побережьях. Характер и распределение грунтов зависят от глубины водоемов: прибрежная зона покрыта крупнозернистым гранитным песком, светло-серыми и темными илами.

Сибирские озера относятся к гидрологически закрытым водоемам, не имеющим внешнего стока, за исключением небольших сезонных поверхностных сбросов. Озера соединены между собой небольшим безымянным ручьем со средней водоемкостью менее 0,5 м³/с. Сток последнего из озер осуществляется из четвертого озера, далее впадает в реку Сибинку, которая, сливаясь с рекой Аблакеткой, соединяется с Иртышом. Пятое, нижнее озеро не имеет непосредственного поверхностного соединения с остальными, однако его сток также поступает в ручей, вытекающий из четвертого озера. После весеннего таяния снегов и летних осадков в августе водность ручья постепенно снижается, а уровень воды в озерах достигает минимальных значений осенью (октябрь-ноябрь). В зимний период (декабрь-март) озера полностью замерзают, а уровень воды остается стабильным.

Одним из наиболее значимых морфометрических параметров озер является их максимальная глубина. Согласно классификации С. П. Китаева [23, 24], к мелким озерам относится Караколь (глубина до 3 м), к средним – Садырколь, а к глубоким – Коржынкoль (15,5 м), Торткара (19 м) и Шалкар (51 м) (см. таблицу 1, рисунок 2).

По площади зеркал озера Садырколь и Караколь классифицируются как мелкие, в то время как Коржынкoль, Торткара и Шалкар относятся к средним озерам. Длина береговой линии варьируется в широком диапазоне – от 2,6 км (озеро Караколь) до 9,4 км (озеро Шалкар), в среднем составляя 5,8 км (см. таблицу 1).

Форма озерных котловин не имеет значительных отличий: у всех озер котловина открыта на юг, в то время как северные, западные и восточные берега сложены гранитами. Озера Садырколь, Торткара и Караколь располагаются в циркообразной котловине. Озеро Шалкар имеет вытянутую в меридиональном направлении котловину. Озеро Коржынкoль отличается удлиненной формой и занимает две циркообразные котловины. Северная котловина обширна и овально вытянута в меридиональном направлении, тогда как юго-западная котловина меньше по размеру [1].



Рисунок 2 – Морфометрические показатели озер Сибинской группы

Figure 2 – Morphometric Indicators of the Sibe Lake Group

Форма озера Коржынколь является основой происхождения его названия. Название «Коржынколь» происходит от казахского слова «коржын», которое обозначает национальный атрибут торжества – сумку с двумя карманами. Форма котловины Коржынколь напоминает эту национальную сумку. Второе название озера «Алқа» в переводе означает «ожерелье», поскольку форма котловины данного водоема также напоминает ожерелье.

Химический состав вод Сибинских озер определяется природными факторами, включая физико-географические характеристики их бассейнов. К таким характеристикам относятся климат, почвенный покров, литологический состав пород, через которые проходит вода, наличие или отсутствие стока, а также глубина, объем и площадь озерных водоемов. Биологические процессы и взаимодействие с подземными водами также играют важную роль в формировании химического состава озерных вод. Далее мы приводим гидрохимическую характеристику четырех озер.

Отбор и анализ гидрохимических проб проводились в июле, в разгар летнего сезона, характеризующегося наибольшей туристической нагрузкой, на четырех озёрах Сибинской группы: Садырколь, Торткара, Шалкар и Коржынколь, обладающих высокой рекреационной ценностью. Пятое озеро не используется в хозяйственных целях, а доступ к нему закрыт для посетителей.

Гидрохимические пробы отбирались в каждом из четырех озер в четырех ключевых точках: одна – из литоральной зоны и три – из пелагиалей.

Поскольку исследование проводилось исключительно в летний период, сезонная изменчивость гидрохимических параметров в рамках этого исследования не оценивалась. Основное внимание уделялось оценке состояния воды в условиях повышенной антропогенной нагрузки в период рекреационного сезона.

Озеро Садырколь. В период отбора проб температура воды озера составляла 24,5-24,9°C. Вода отличалась низкой цветностью и высокой прозрачностью. Гидрохимические показатели озера Садырколь по 17 параметрам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Гидрохимические показатели озера Садырколь

Table 2 – Hydrochemical Indicators of Lake Sadyrkol

Показатели	Ед.изм.	Литораль	Пелагиаль 1	Пелагиаль 2	Пелагиаль 3
Растворенный кислород	мг/дм ³	10,92	10,80	11,23	10,78
Водородный показатель	–	9,14	9,15	9,13	9,11
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,297	0,302	0,295	0,295
Азот нитратный	мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Азот нитритный	мг/дм ³	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	137,25	137,25	134,20	137,25
Жесткость	мг-экв/дм ³	1,18	1,20	1,20	1,23
Калий	мг/дм ³	2,40	2,45	2,36	2,40
Кальций	мг/дм ³	14,5	15,0	15,0	15,0
Карбонаты	мг/дм ³	15,0	15,0	15,0	15,0
Магний	мг/дм ³	5,4	5,4	5,4	5,7
Натрий	мг/дм ³	6,00	6,04	6,00	5,95
Перманганатное число	мг О ₂ /дм ³	2,85	2,88	2,82	2,80
Сульфаты	мг/дм ³	25,3	25,5	25,0	25,0
Сухой остаток (минерализация)	мг/дм ³	85,0	85,3	84,8	85,1
Фосфаты	мг/дм ³	0,040	0,040	0,037	0,041
Хлориды	мг/дм ³	5,56	5,10	5,10	5,56

Значение рН, определяющее форму и соотношение ионов в воде, варьировало в узком диапазоне и в среднем составляло 9,13, что характеризует воду как щелочную. Изменение рН связано с углекислотным равновесием, обусловленным концентрацией гидрокарбонат-ионов и карбонатов. В щелочной среде содержание гидрокарбонат-ионов достигало 90%, что подтверждается результатами анализа. Вода содержала 134,2-137,25 мг/дм³ гидрокарбонат-ионов и 15,0 мг/дм³ карбонат-ионов (см. таблицу 2).

Концентрация растворенного кислорода варьировала от 10,78 до 11,23 мг/дм³, с минимальным значением в третьей точке и максимальным во второй (пелагиаль). Кислородный режим влияет на перманганатную окисляемость, показатель содержания органических веществ. Значение перманганатного числа составляет 2,80-2,88 мгО/дм³, указывая на низкую окисляемость воды (см. таблицу 2).

Среди неорганических азотсодержащих соединений преобладали аммонийные ионы (0,295-0,307 мг/дм³). Источником их поступления являются атмосферные осадки и разложение органики. Концентрация нитрит- и нитрат-ионов была ниже предела обнаружения, что характерно для водоемов с активной растительностью [16, 17]. Фосфат-ионы, наряду с азотсодержащими соединениями, играют важную роль в качестве воды, их концентрация составляла 0,037-0,041 мг/дм³.

Преобладающими анионами были гидрокарбонаты, содержание сульфат-ионов варьировало от 25,0 до 25,5 мг/дм³, концентрация хлоридов – 5,10-5,56 мг/дм³. Среди катионов преобладали ионы кальция (14,5-15,0 мг/дм³), натрия (5,95-6,04 мг/дм³), магния (5,4-5,7 мг/дм³) и калия (2,36-2,45 мг/дм³). По классификации О. А. Алекина воды озера Садырколь принадлежат к гидрокарбонатно-кальциевому классу, первому типу по соотношению ионов [3, 21].

Минерализация воды варьировала от 84,8 до 85,3 мг/дм³, что позволяет отнести воду к слабоминерализованному пресным. Жесткость воды низкая (1,18-1,23 мг-экв/дм³). В целом озеро Садырколь характеризуется высоким содержанием кислорода, щелочной реакцией и малой окисляемостью.

Озеро Торткара. Температура воды во время отбора проб составляла 25,5-25,9°C, вода была прозрачной и малой цветности. Значение рН варьировало в узком диапазоне 9,15-9,18 (в среднем 9,16), что указывает на щелочную среду (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Гидрохимические показатели озера Торткара

Table 3 – Hydrochemical Indicators of Lake Tortkara

Показатели	Ед.изм.	Литораль	Пелагиаль 1	Пелагиаль 2	Пелагиаль 3
Растворенный кислород	мг/дм ³	10,61	11,29	11,47	11,44
Водородный показатель	–	9,18	9,15	9,15	9,17
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,274	0,285	0,281	0,278
Азот нитратный	мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Азот нитритный	мг/дм ³	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	131,2	128,1	131,2	128,1
Жесткость	мг-экв/дм ³	1,15	1,18	1,15	1,18
Калий	мг/дм ³	2,10	2,26	2,20	2,16
Кальций	мг/дм ³	14,0	14,5	14,0	14,5
Карбонаты	мг/дм ³	12,0	12,0	12,0	12,0
Магний	мг/дм ³	5,4	5,4	5,4	5,4
Натрий	мг/дм ³	5,66	5,75	5,69	5,65
Перманганатное число	мг О ₂ /дм ³	2,70	2,76	2,70	2,75
Сульфаты	мг/дм ³	22,0	23,0	22,8	22,8
Сухой остаток (минерализация)	мг/дм ³	83,3	84,1	83,7	83,5
Фосфаты	мг/дм ³	0,03	0,04	0,03	0,03
Хлориды	мг/дм ³	5,56	5,10	4,64	5,10

Содержание гидрокарбонат-ионов в озере составляло 128,1-131,2 мг/дм³, карбонат-ионов – 12,0 мг/дм³. Концентрация растворенного кислорода колебалась от 10,61 до 11,47 мг/дм³, минимальное значение зафиксировано в литорали, максимальное – в пелагиали.

Перманганатная окисляемость – 2,70-2,76 мгО/дм³, характеризую воду как слабоокисляемую. Аммонийные ионы были основными азотсодержащими соединениями (0,274-0,285 мг/дм³). Нитриты и нитраты не обнаружены, фосфат-ионы варьировались в пределах от 0,03 до 0,04 мг/дм³ (см. таблицу 3).

Гидрокарбонат-ионы преобладали среди анионов, содержание сульфатов составляло 22,0-23,0 мг/дм³, хлоридов – 4,64-5,56 мг/дм³. Среди катионов доминировали кальций (14,0-14,5 мг/дм³), натрий (5,65-5,75 мг/дм³), магний (5,4 мг/дм³) и калий (2,20-2,26 мг/дм³). Вода относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу (по О. А. Алекину) [21].

Минерализация воды – 83,3-84,1 мг/дм³, что соответствует слабоминерализованным пресным водам. Жесткость низкая (1,15-1,18 мг-экв/дм³). Озеро Торткара характеризуется высоким содержанием кислорода, щелочной реакцией среды и малой окисляемостью.

Озеро Шалкар. На озере отбор проб также осуществлялся в четырех точках. В период отбора проб температура воды составляла 23,6-25,1°C. Вода характеризовалась очень низкой цветностью и высокой прозрачностью. рН варьировало от 9,06 до 9,10. По величине водородного показателя вода озера характеризуется как щелочная (таблица 4). В щелочной среде содержание гидрокарбонат-ионов составляет 90%. На озере Шалкар содержание гидрокарбонат-ионов колебалось от 125,05 до 128,10 мг/дм³, а содержание карбонат-ионов составляло 12,0 мг/дм³ (см. таблицу 4).

Содержание растворенного кислорода изменялось от 8,97 до 14,93 мг/дм³. Минимальная концентрация кислорода наблюдалась в третьей точке пелагиали, а максимальная – в первой точке (пелагиаль). Перманганатное число от 3,50 до 3,61 мгО/дм³, вода озера, так же, как и у двух предыдущих, имеет низкую окисляемость.

Из неорганических азотсодержащих соединений по концентрации преобладали ионы аммония. Их содержание колебалось от 0,371 до 0,382 мг/дм³. Содержание нитрит- и нитрат-ионов находилось ниже предела обнаружения на всех станциях отбора. Концентрация фосфат-ионов, являющихся наряду с соединениями азота биогенными веществами, определяющими качество воды, изменялось в узком интервале от 0,05 до 0,06 мг/дм³.

Таблица 4 – Гидрохимические показатели озера Шалкар

Table 4 – Hydrochemical Indicators of Lake Shalkar

Показатели	Ед.изм.	Литораль	Пелагиаль 1	Пелагиаль 2	Пелагиаль 3
Растворенный кислород	мг/дм ³	12,87	14,93	13,21	8,97
Водородный показатель	–	9,06	9,09	9,08	9,10
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,375	0,382	0,371	0,373
Азот нитратный	мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Азот нитритный	мг/дм ³	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	125,05	128,10	128,10	128,10
Жесткость	мг-экв/дм ³	1,25	1,30	1,28	1,25
Калий	мг/дм ³	3,68	3,75	3,64	3,60
Кальций	мг/дм ³	17,0	16,5	16,0	16,5
Карбонаты	мг/дм ³	12,0	12,0	12,0	12,0
Магний	мг/дм ³	4,8	5,7	5,7	5,1
Натрий	мг/дм ³	8,15	8,22	8,11	8,15
Перманганатное число	мг О ₂ /дм ³	3,61	3,58	3,54	3,50
Сульфаты	мг/дм ³	31,0	31,7	29,5	30,0
Сухой остаток (минерализация)	мг/дм ³	93,1	93,7	92,5	92,1
Фосфаты	мг/дм ³	0,058	0,060	0,053	0,050
Хлориды	мг/дм ³	5,10	5,56	5,10	4,64

Преобладающими анионами были гидрокарбонат-ионы, содержание сульфат-ионов варьировало от 29,5 до 31,7 мг/дм³, концентрация хлоридов – от 4,64 до 5,56 мг/дм³. Из катионов с содержанием 16,0-17,0 мг/дм³ доминировали ионы кальция. Концентрация катионов натрия колебалась от 8,11 до 8,22 мг/дм³, содержание ионов магния составило 4,8-5,7 мг/дм³. Количество ионов калия – составляло 3,60-3,75 мг/дм³. По классификации О. А. Алекина воды озера Шалкар принадлежат к гидрокарбонатно-кальциевому классу, первому типу по соотношению ионов [3, 21].

Минерализация озера варьировала от 92,1 до 93,7 мг/дм³, что позволяет охарактеризовать воды как пресные, слабоминерализованные. Минимальная минерализация отмечена в точке №3 пелагиали, а максимальная – в точке №1 пелагиали. По величине жесткости вода озера очень мягкая (1,25-1,30 мг-экв/дм³).

Озеро Коржынокль. Во время отбора проб температура воды составляла 23,3-24,3°C, вода имела низкую цветность и высокую прозрачность. Вода щелочная, рН варьировало от 9,01 до 9,12 (таблица 5).

Содержание гидрокарбонат-ионов колебалось от 125,05 до 128,10 мг/дм³, а содержание карбонат-ионов составляло 9,0 мг/дм³. Содержание растворенного кислорода изменялось от 11,18 до 11,31 мг/дм³. Минимальная концентрация кислорода наблюдалась во второй точке пелагиали, а максимальная – в литоральной зоне. Кислородный режим оказывает влияние на такой гидрохимический показатель, как перманганатная окисляемость, по которой определяется количество органического вещества в водоеме. Перманганатное число – 2,90-3,02 мгО/дм³, причем наименьшее значение наблюдалось в третьей точке пелагиали, а наибольшее зарегистрировано во второй точке. Вода озера относится к группе вод с очень малой окисляемостью.

Из неорганических азотсодержащих соединений по концентрации преобладали ионы аммония. Их содержание колебалось от 0,324 до 0,331 мг/дм³. Аммонийный азот поступает в поверхностные воды с атмосферными осадками, а также в результате деструкции органических соединений. Содержание нитрит- и нитрат-ионов находилось ниже предела обнаружения на всех станциях отбора. Концентрация фосфат-ионов, являющихся наряду с соединениями азота биогенными веществами, определяющими качество воды, изменялось в узком интервале от 0,04 до 0,05 мг/дм³ [21].

Таблица 5 – Гидрохимические показатели озера Коржынколь

Table 5 – Hydrochemical Indicators of Lake Korzhynkol

Показатели	Ед.изм.	Литораль	Пелагиаль 1	Пелагиаль 2	Пелагиаль 3
Растворенный кислород	мг/дм ³	11,31	11,20	11,18	11,22
Водородный показатель	–	9,01	9,08	9,12	9,09
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,325	0,331	0,328	0,324
Азот нитратный	мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Азот нитритный	мг/дм ³	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	125,05	128,1	125,05	125,05
Жесткость	мг-экв/дм ³	1,20	1,23	1,20	1,23
Калий	мг/дм ³	2,70	3,10	2,82	2,80
Кальций	мг/дм ³	17,5	18,0	18,0	18,0
Карбонаты	мг/дм ³	9,0	9,0	9,0	9,0
Магний	мг/дм ³	3,9	3,9	3,6	3,9
Натрий	мг/дм ³	7,80	7,91	7,78	7,82
Перманганатное число	мг О ₂ /дм ³	2,91	3,02	2,90	2,95
Сульфаты	мг/дм ³	27,0	28,5	27,0	27,8
Сухой остаток (минерализация)	мг/дм ³	91,2	91,8	88,3	89,0
Фосфаты	мг/дм ³	0,045	0,048	0,041	0,045
Хлориды	мг/дм ³	4,17	4,17	3,71	3,71

Преобладающими анионами были гидрокарбонат-ионы, содержание сульфат-ионов варьировало от 27,0 до 28,5 мг/дм³, концентрация хлоридов – 3,71-4,17 мг/дм³. Из катионов с содержанием 17,5-18,0 мг/дм³ доминировали ионы кальция. Концентрация катионов натрия колебалась от 7,78 до 7,91 мг/дм³, содержание ионов магния составило 3,6-3,9 мг/дм³. Количество ионов калия – 2,70-3,10 мг/дм³. По классификации О. А. Алекина воды озера Коржынколь принадлежат к гидрокарбонатно-кальциевому классу, первому типу по соотношению ионов [3, 21].

Минерализация в озере варьировала от 88,3 до 91,8 мг/дм³, что позволяет охарактеризовать воды как пресные, слабоминерализованные. Минимальная минерализация отмечена в точке №2 пелагиали, а максимальная – в точке № 1 пелагиали. По жесткости вода озера очень мягкая (1,20-1,23 мг-экв/дм³).

Таблица 6 – Гидрохимические показатели Сибирских озер

Table 6 – Hydrochemical Indicators of the Sibe Lakes

Озеро*	Растворенный кислород, мг/дм ³	Ph	Азот аммонийный, мг/дм ³	Азот нитратный, мг/дм ³	Азот нитритный, мг/дм ³	Гидрокарбонаты, мг/дм ³	Жесткость, мг-экв/дм ³	Калий, мг/дм ³	Кальций, мг/дм ³	Карбонаты, мг/дм ³	Магний, мг/дм ³	Натрий, мг/дм ³	Перманганатное число, мго/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Сухой остаток, мг/дм ³	Фосфаты, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³
С	10,93	9,13	0,297	<0,1	<0,007	137,5	1,20	2,40	14,8	15,0	5,4	5,99	2,8	25,2	85,0	0,039	5,33
Т	11,20	9,16	0,274	<0,1	<0,007	129,6	1,16	2,18	14,2	12,0	5,4	5,68	2,72	22,3	83,6	0,03	5,10
Ш	12,47	9,08	0,375	<0,1	<0,007	127,3	1,27	3,66	16,5	12,0	5,3	8,15	3,61	30,5	92,8	0,055	5,10
К	11,22	9,07	0,327	<0,1	<0,007	125,8	1,21	2,85	17,8	9,0	3,8	7,82	2,94	27,5	90,0	0,044	3,94

*С – Садырколь; Т – Торткара; Ш – Шалкар; К – Коржынколь.

Как показывает обобщающая таблица 6, гидрохимический состав озер демонстрирует некоторые незначительные различия в содержании химических элементов, несмотря на близость их водосборных бассейнов. В период отбора проб температура воды в озерах составляла 23,3-25,9 °С. Вода характеризовалась высокой прозрачностью при незначительном окрашивании. Значение рН, являющееся одним из важных показателей, определяющих соотношение ионов в воде и направление химических процессов в озерах, варьировалось в узких пределах и составляло в среднем 9,11. По рН озера относятся к категории щелочных.

В таблице 7 представлены результаты статистической обработки данных по гидрохимическим показателям, полученным в четырех озерах Сибирской группы (Садырколь, Торткара, Шалкар, Коржынколь). Для каждого показателя рассчитаны среднее арифметическое значение, стандартное отклонение, коэффициент вариации (CV, %) и 95%-й доверительный интервал (CI). Показатели с высоким CV отражают большую изменчивость между озерами.

Таблица 7 – Статистическая обработка гидрохимических показателей

Table 7 – Statistical Analysis of Hydrochemical Indicators

Показатели	Среднее	Ст. отклонение	CV, %	95% CI
Растворенный кислород, мг/дм ³	11,45	0,689	6,02	10,36 – 12,55
Ph	9,11	0,042	0,47	9,04 – 9,18
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,318	0,044	13,7	0,25 – 0,39
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	130,05	5,207	4,0	121,76 – 138,33
Жесткость, мг-экв/дм ³	1,21	0,045	3,76	1,14 – 1,29
Калий, мг/дм ³	2,77	0,654	23,59	1,73 – 3,81
Кальций, мг/дм ³	15,82	1,638	10,35	13,22 – 18,43
Карбонаты, мг/дм ³	12,0	2,449	20,41	8,10 – 15,89
Магний, мг/дм ³	4,97	0,785	15,77	3,72 – 6,22
Натрий, мг/дм ³	6,91	1,255	18,16	5,0 – 8,9
Перманганатное число, мг О ₂ /дм ³	3,01	0,405	13,43	2,37 – 3,66
Сульфаты, мг/дм ³	26,37	3,477	13,18	20,84 – 31,91
Сухой остаток, мг/дм ³	87,8	4,294	4,89	81,01 – 94,68
Фосфаты, мг/дм ³	0,04	0,01	24,82	0,02 – 0,05
Хлориды, мг/дм ³	4,87	0,628	12,9	3,86 – 5,86

Примечание. Расчет доверительных интервалов выполнен при уровне значимости 95% (t – критерий Стьюдента при n = 4, t = 3,182).

Статистическая обработка данных по гидрохимическим показателям четырех озер Сибирской группы показала, что большинство параметров находилось в схожих диапазонах, что обусловлено близостью водоемов и схожими природными условиями. Низкие значения коэффициента вариации по таким показателям, как рН, жесткость, гидрокарбонаты и сухой остаток, свидетельствуют о стабильности химического состава воды в этих озерах. В то же время высокая изменчивость (CV > 20%) у отдельных компонентов (например, калий, фосфаты, карбонаты) может указывать на локальные различия в геохимических условиях, степени антропогенной нагрузки или особенности водообмена. В целом результаты анализа подтверждают общее сходство гидрохимического фона озер, при этом подчеркивая необходимость дальнейших наблюдений, особенно в динамике по сезонам и годам, для выявления устойчивых трендов и потенциальных отклонений.

Обсуждение. Полученные данные свидетельствуют о том, что озера Сибирской группы отличаются высокой степенью схожести по основным гидрохимическим параметрам, что обусловлено их близким географическим положением, общностью литологического субстрата и отсутствием внешнего стока.

Все водоемы имеют щелочную реакцию среды, что характерно для систем с низким уровнем органического разложения и интенсивным фотосинтезом. Повышенные значения рН коррелируют

с высоким содержанием гидрокарбонатных ионов ($125-137 \text{ мг/дм}^3$), отражающих активный газообмен и углекислотное равновесие в поверхностных слоях.

Перманганатное число ($2,7-3,6 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$) указывает на низкую степень окисляемости, то есть на малое содержание органических веществ. Это подтверждает отсутствие значительного антропогенного загрязнения, несмотря на рекреационное использование водоемов.

В составе ионов доминируют Ca^{2+} и HCO_3^- , что позволяет отнести воды всех озер к гидрокарбонатно-кальциевому типу по классификации О. А. Алекина [21]. Такая структура отражает взаимодействие вод с гранитными и метаморфическими породами, содержащими кальций и магний, а также слабое влияние сульфатного стока.

Минерализация воды во всех озерах невысока ($83-94 \text{ мг/дм}^3$), что свидетельствует о питании их преимущественно атмосферными осадками и подземными родниками. Низкая жесткость ($1,15-1,30 \text{ мг-экв/дм}^3$) определяет пресный характер вод.

Сравнение между озерами показывает, что Шалкар отличается несколько большей минерализацией и содержанием кальция, что можно объяснить большей глубиной и объемом водной массы, способствующим устойчивому температурному и химическому стратифицированию. В остальных озерах параметры близки, что отражено в низком коэффициенте вариации ($CV < 10\%$) для большинства показателей (см. таблицу 7).

Небольшие различия в концентрациях калия, фосфатов и карбонатов ($CV > 20\%$) могут быть связаны с локальными факторами – интенсивностью биологической продукции, особенностями донных отложений и разной степенью антропогенной нагрузки в прибрежной зоне.

В целом результаты исследования подтверждают, что вода в Сибирских озерах относится к пресным, слабо минерализованным, гидрокарбонатно-кальциевым водам, характеризующимся высоким содержанием кислорода, щелочной реакцией и малой окисляемостью. Совокупность этих признаков указывает на высокий уровень самоочищения и экологическую стабильность водных экосистем.

Для дальнейшего уточнения особенностей функционирования Сибирских озер необходимо проведение сезонных наблюдений, что позволит оценить динамику химического состава в зависимости от гидрометеорологических условий и уровня рекреационной нагрузки.

Заключение. По морфометрическим данным озера Сибирской группы демонстрируют схожие особенности. Согласно классификации озер С. Китаева по средним и максимальным глубинам, озера Садырколь и Коржыноколь относятся к среднеглубоким, а озера Торткара и Шалкар – к глубоким. Все исследуемые озера имеют показатель удлиненности от 1,5 до 3,9, и их котловины характеризуются «вытянутой» (удлиненно-овальной) формой.

Самым крупным по площади и объему является озеро Шалкар, за ним следуют озера Коржыноколь, Торткара и Садырколь. По классификации озер по величине водной поверхности или площади водного зеркала Садырколь, Торткара, Шалкар и Коржыноколь относятся к средним озерам, в то время как Караколь выделяется как малое озеро. Таким образом, морфометрические характеристики подтверждают схожесть озер группы, а также их различия по размерам и глубине, что может влиять на их экосистемные особенности и использование.

Проведенные исследования позволили всесторонне охарактеризовать гидрохимический режим Сибирских озер, выявив их принадлежность к слабоминерализованным водоемам с гидрокарбонатно-кальциевым составом и щелочной средой. Данные о высоком содержании растворенного кислорода, низкой окисляемости и стабильной прозрачности воды подчеркивают экологическую устойчивость озер, что делает их привлекательными для рекреационного использования и подводных видов спорта.

Результаты статистической обработки подтвердили общее сходство гидрохимического фона озер. Низкие коэффициенты вариации ($CV < 5\%$) по таким параметрам, как pH, жесткость, гидрокарбонаты и сухой остаток, указывают на стабильность химического состава. При этом более высокая вариабельность ($CV > 20\%$) отмечена по показателям калия, фосфатов и карбонатов, что может отражать локальные различия в условиях водообмена или степень антропогенного воздействия. Расчет доверительных интервалов позволил уточнить достоверность полученных средних значений и усилить интерпретацию результатов.

Полученные результаты также свидетельствуют о важности дальнейшего мониторинга гидрохимических показателей для оценки изменений под влиянием антропогенных факторов и климатических условий. Вклад данной работы заключается в создании основы для мониторинга, что позволит проводить оценку изменений состояния водной экосистемы Сибирских озер, содействуя поддержанию ее экологической ценности и обеспечению рационального использования природных ресурсов региона.

Расширение мониторинга как гидрохимических показателей, так и морфометрических характеристик поможет оценить изменения в состоянии водной экосистемы под воздействием антропогенных факторов. Основные природные факторы, влияющие на химический состав и морфометрию озер, включают атмосферные осадки, почвенный покров и подземные воды, что важно для рационального управления водными ресурсами региона.

Таким образом, по результатам исследования вода всех четырех озер Сибирской группы (Садырколь, Торткара, Шалкар и Коржынколь) характеризуется высоким содержанием кислорода, щелочной реакцией среды и очень малой окисляемостью. Она является пресной, очень мягкой по показателям жесткости и относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу по классификации О. А. Алекина. Эти гидрохимические показатели благоприятно характеризуют озера Сибирской группы для рекреационного использования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Филонец П. П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана (озера, водохранилища и ледники). – Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1981. – 292 с.
- [2] Myrzagaliyeva A. B. Algae diversity of the lakes Sibinskye, East Kazakhstan // International Symposium Microorganisms and the Biosphere Microbios. In Proceedings of the Materials of Symposium. – Tashkent, 2015. – P. 16-17.
- [3] Samarkhanov T. N., Myrzagaliyeva A. B., Chlachula J., Kushnikova L. B., Czerniawska J., Nigmatzhanov S. B. Geoenvironmental Implications and Biocenosis of Freshwater Lakes in the Arid Zone of East Kazakhstan // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, № 10:5756. – P. 2-22 <https://doi.org/10.3390/su13105756>
- [4] Егорина А. В., Логиновская А. Н. Рекреационные ресурсы Восточного Казахстана как основа развития сферы туризма // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2016. – № 2(43). – С. 241-245.
- [5] Егорина А. В., Перемитина С. В., Тураров Н. Б. Пригородные зоны отдыха в Восточном Казахстане // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции. – Кызыл, 2017. – С. 293-296.
- [6] Нургалиева З., Хасенова К., Куанткан Б., Шафеева Л., Заякина А. Методика и современные экономические подходы к развитию малого и среднего бизнеса организации туристской сферы ВКО и применение мирового опыта // Вестник НАН РК. – 2022. – № 4. – С. 363-378.
- [7] Prairie Y. T. D., Bird D. F., Coll J. J. The Summer Metabolic Balance in the Epilimnion of Southeastern Quebec lakes // Limnology and Oceanography. – 2002. – Vol. 47. – P. 316-321. DOI: 10.2307/3069145
- [8] Zaharescu D. G., Burghelca C. I., Hooda P. S., Lester R. N., Palanca-Soler A. Small lakes in big landscape: Multi-scale drivers of littoral ecosystem in alpine lakes // Science of The Total Environment. – 2016. – Vol. 551-552. – P. 496-505. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.066>
- [9] Suturin A. Biogeochemistry of Lake Baikal Stony Littoral // Journal of Geoscience and Environment Protection. – 2019. – Vol. 7. – P. 72-79. doi: 10.4236/gep.2019.710006.
- [10] Frerencz B., Toporowska M., Dawidek J., Sobolewski W. Hydro-Chemical Conditions of Shaping the Water Quality of Shallow Łęczna-Włodawa Lakes (Eastern Poland) // Clean Soil Air Water. – 2017. <https://doi.org/10.1002/clen.201600152>
- [11] Hall C.M., Page S.J. The Geography of Tourism and Recreation: Environment, Place and Space – Routledge: London, UK; New York, NY, USA, 1999. – 470 p.
- [12] Wall G. Implications of Global Climate Change for Tourism and Recreation in Wetland Areas // Climate Change. – 1998. – Vol. 40. – P. 371-389. <https://doi.org/10.1023/A:1005493625658>
- [13] Мукаев Ж. Т., Озгелдинова Ж. О., Улыкпанова М. М., Жангужина А. А. Геоэкологическая оценка качества поверхностных вод в рекреационной зоне озера Алаколь // Гидрометеорология и экология. – 2024 – № 1. – С. 110-120.
- [14] Григорьев С. В. О некоторых определениях и показателях в озераведении // Труды Карельского филиала АН СССР. – 1959. – № 18. – С. 29045.
- [15] Науменко М. А., Гузиватый В. В., Сапелко Т. В. Цифровые морфометрические модели малых озер // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – № 34. – С. 26-32.
- [16] Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 542 с.
- [17] Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
- [18] Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа природных вод. – М.: Издательство «Недра», 1970. – 488 с.
- [19] Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов: Утв. нач. Главрыбвода Минрыбхоза СССР В. А. Измайловым 09.08.90. – М., 1990. – 46 с.

- [20] Задағали А. М., Жаманғара А. К., Самарханов Т. Н., Адамжанова Ж. А. Көкшетау қыратының кейбір көлдерінің гидрохимиялық режимі // Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Химия. География. Экология сериясы. – 2024. – № 4(149). – Б. 148-158.
- [21] Алекин О. А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
- [22] Самарханов Т. Н., Мырзағалиева А. Б., Егорина А. В., Сапаров К. Т. Климатические факторы как компонент оценки рекреационного потенциала Сибирских озер // Гидрометеорология и экология. – 2019. – № 2(93). – С. 7-21.
- [23] Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск, 2007. – 395 с
- [24] Ильмаст Н. В., Китаев С. П., Кучко Я. А., Павловский С. А. Гидроэкология разнотипных озер Южной Карелии. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – 92 с.

REFERENCES

- [1] Filonec P. P. Essays on the geography of the inland waters of Central, Southern, and Eastern Kazakhstan (lakes, reservoirs, and glaciers). Alma-Ata, 1981. 292 p. (in Russ.).
- [2] Myrzagaliyeva A. B. Algae diversity of the lakes Sibinskiye, East Kazakhstan // International Symposium Microorganisms and the Biosphere Microbios. In Proceedings of the Materials of Symposium. Tashkent, 2015. P. 16-17.
- [3] Samarkhanov T. N., Myrzagaliyeva A. B., Chlachula J., Kushnikova L. B., Czerniawska J., Nigmatzhanov S. B. Geoenvironmental Implications and Biocenosis of Freshwater Lakes in the Arid Zone of East Kazakhstan // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 10:5756. P. 2-22 <https://doi.org/10.3390/su13105756>
- [4] Egorina A. V., Loginovskaya A. N. Recreational resources of East Kazakhstan as a basis for the development of the tourism sector // KazNU Bulletin. Geographical series. 2016. No. 2(43). P. 241-245 (in Russ.).
- [5] Egorina A. V., Peremitina S. V., Turarov N. B. Suburban recreation areas in East Kazakhstan // Regional economy: technologies, economics, ecology and infrastructure: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. – Kyzyl, 2017. P. 293-296 (in Russ.).
- [6] Nurgaliyeva Z., Khassenova K., Kuantkan B., Shafeyeva L., Zayakina A. Methodology and modern economic approaches to the development of small and medium-sized businesses in the tourism sector of East Kazakhstan region and the application of international experience // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2022. No. 4. P. 363-378 (in Russ.).
- [7] Prairie Y. T. D., Bird D. F., Coll J. J. The Summer Metabolic Balance in the Epilimnion of Southeastern Quebec lakes // Limnology and Oceanography. 2002. Vol. 47. P. 316-321. DOI: 10.2307/3069145
- [8] Zaharescu D. G., Burghilea C. I., Hooda P. S., Lester R. N., Palanca-Soler A. Small lakes in big landscape: Multi-scale drivers of littoral ecosystem in alpine lakes // Science of The Total Environment. 2016. Vol. 551-552. P. 496-505. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.066>
- [9] Suturin A. Biogeochemistry of Lake Baikal Stony Littoral // Journal of Geoscience and Environment Protection. 2019. Vol. 7. P. 72-79. doi: 10.4236/gep.2019.710006.
- [10] Frerencz B., Toporowska M., Dawidek J., Sobolewski W. Hydro-Chemical Conditions of Shaping the Water Quality of Shallow Łeczna-Włodawa Lakes (Eastern Poland) // Clean Soil Air Water. 2017. <https://doi.org/10.1002/clen.201600152>
- [11] Hall C. M.; Page, S. J. The Geography of Tourism and Recreation: Environment, Place and Space – Routledge: London, UK; New York, NY, USA, 1999. 470 p.
- [12] Wall G. Implications of Global Climate Change for Tourism and Recreation in Wetland Areas // Climate Change. 1998. Vol. 40. P. 371-389. <https://doi.org/10.1023/A:1005493625658>
- [13] Mukaev Zh. T., O zgeldinova Zh. O., Ulykpanova M. M., Zhanguzhina A. A. Geoecological assessment of surface water quality in the recreational area of Lake Alakol // Hydrometeorology and Ecology. 2024. No. 1. P.110-120.
- [14] Grigoriev S. V. On some definitions and indicators in lake science // Proceedings of the Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences. 1959. No. 18. P. 29-45 (in Russ.).
- [15] Naumenko M. A., Guzivaty V. V., Sapelko T. V. Digital morphometric models of small lakes // Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2014. No. 34. P. 26-32 (in Russ.).
- [16] Guidelines for the chemical analysis of land surface waters / Edited by A. D. Semenov. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 542 p. (in Russ.).
- [17] Unified methods of water analysis / Edited by Y. Y. Lurie. M.: Chemistry, 1973. 376 p. (in Russ.).
- [18] Reznikov A. A., Mulikovskaya E. P., Sokolov I. Y. Methods of natural water analysis. Moscow: Nedra Publishing House, 1970. 488 p. (in Russ.).
- [19] Generalized list of maximum permissible concentrations (MPC) and approximately safe exposure levels (levels) of harmful substances for the water of fishery reservoirs: Approved by the Beginning. Glavrybvoda Minrybkhhoz of the USSR V. A. Izmailov 09.08.90. M., 1990. 46 p. (in Russ.).
- [20] Zadagali A. M., Zhamangara A. K., Samarkhanov T. N., Adamzhanova Zh. A. Hydrochemical regime of some lakes of the Kokshetau range were asked // Bulletin of the L. N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Chemistry. Geography. Ecology. 2024. No. 4(149). P. 148-158 (in Kaz.).
- [21] Alekin O. A. Fundamentals of hydrochemistry. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 442 p. (in Russ.).
- [22] Samarkhanov T. N., Myrzagaliyeva A. B., Egorina A. V., Saparov K. T. Climatic factors as a component of assessing the recreational potential of Sibinsk lakes // Hydrometeorology and Ecology. 2019. No. 2(93). P. 7-21 (in Russ.).
- [23] Kitaev S. P. Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists. Petrozavodsk, 2007. 395 p. (in Russ.).
- [24] Ilmast N. V., Kitaev S. P., Kuchko Ya. A., Pavlovsky S. A. Hydroecology of lakes of various types in South Karelia. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2008. 92 p. (in Russ.).

Т. Н. Самарханов¹, А. Б. Мырзагалиева^{*2}, А. М. Задағали³, Б. З. Медеубаева⁴

¹ PhD, қауымдастырылған профессор м.а.

(«Астана» халықаралық университеті, Астана, Қазақстан; talant.68@mail.ru)

^{2*} Биология ғылымдарының докторы, профессор

(«Астана» халықаралық университеті, Астана, Қазақстан; an.myrzagaliyeva@gmail.com)

³ Жаратылыстану ғылымдары магистрі, аға оқытушы

(«Астана» халықаралық университеті, Астана, Қазақстан; Z.a.aizhan1993@gmail.com)

⁴ Химия магистрі, аға оқытушы

(«Астана» халықаралық университеті, Астана, Қазақстан; medeubayeva_bz@mail.ru)

СІБЕ КӨЛДЕРІНІҢ МОРФОМЕТРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аннотация. Мақалада Шығыс Қазақстан облысы Қалба жотасының Көктау тауларында теңіз деңгейінен 710-дан 880 м биіктікте орналасқан Сібе көлдерінің морфометриялық көрсеткіштері мен гидрохимиялық режимін зерттеу нәтижелері келтірілген. Көлдер шығу тектері бойынша тектоникалық болып табылады, олардың жалпы ауданы шамамен 31 км². Көл бассейндерінің тереңдігі 2-ден 51 м-ге дейін өзгереді: Шалқар көлі ең үлкен су айдыны ретінде максималды тереңдігі 51 м-ге жетеді, ал Қаракөл көлінің тереңдігі 3 м-ге дейін жетеді. Су айдыны ауданы бойынша Садыркөл және Қаракөл көлдері ұсақ, ал Қоржынкөл, Төртқара және Шалқар орташа көлдер болып жіктеледі. Жағалау сызығының ұзындығы 2,6 км-ден (Қаракөл көлі) 9,4 км-ге дейін (Шалқар көлі), орта есеппен 5,8 км. Судың гидрохимиялық параметрлері, оның ішінде негізгі аниондар мен катиондардың құрамы, оттегінің концентрациясы, рН, минералдану және қаттылық қарастырылған. Судың химиялық құрамы әлсіз минералданған және сілтілілігі жоғары гидрокарбонат-кальций түрі ретінде анықталды. Зерттеу деректері тұрақты оттегі режимін, төмен тотығу қабілеттілігін және судың аз түстігін көрсетті, бұл аймақтың рекреациялық әлеуетінің дамуына ықпал етеді. Жұмыс нәтижелері су нысандарын одан әрі бақылау және антропогендік әсерлер мен климаттық жағдайлардан туындаған өзгерістерді бағалау үшін негіз бола алады. Су нысандарының жоғары экологиялық тұрақтылығы расталды, бұл оларды рекреациялық мақсатта тиімді пайдалануға ықпал етеді.

Түйін сөздер: Сібе көлдері, Садыркөл, Төртқара, Шалқар, Қоржынкөл, Қаракөл, морфометрия, гидрохимия.

T. N. Samarkhanov¹, A. B. Myrzagaliyeva^{*2}, A. M. Zadagali³, B. Z. Medeubayeva⁴

¹ PhD, Acting Associate Professor

(«Astana» International University, Astana, Kazakhstan; talant.68@mail.ru)

^{2*} Doctor of Biological Sciences, Professor

(«Astana» International University, Astana, Kazakhstan; an.myrzagaliyeva@gmail.com)

³ Master of Natural Sciences, Senior Lecturer

(«Astana» International University, Astana, Kazakhstan; Z.a.aizhan1993@gmail.com)

⁴ Master's Degree in Chemistry, Senior Lecturer

(«Astana» International University, Astana, Kazakhstan; medeubayeva_bz@mail.ru)

MORPHOMETRIC AND HYDROCHEMICAL FEATURES OF THE SIBE LAKES

Abstract. The article presents the results of a study of the morphometric parameters and hydrochemical regime of the Sibe lakes located at altitudes from 710 to 880 m above sea level in the Koktau mountains of the Kalba range of the East Kazakhstan region. The lakes are of tectonic origin, covering a total area of about 31 km². The depth of the lake basins varies from 2 to 51 m: Lake Shalkar, as the largest body of water, reaches a maximum depth of 51 m, while Lake Karakol has a depth of up to 3 m. According to the area of mirrors, Sadyrkol and Karakol lakes are classified as small, while Korzhynkol, Tortkara and Shalkar lakes are classified as medium-sized. The length of the coastline varies from 2.6 km (Lake Karakol) to 9.4 km (Lake Shalkar), averaging 5.8 km. The hydrochemical parameters of water are considered, including the content of basic anions and cations, oxygen concentration, pH, mineralization, and hardness. The chemical composition of the water is defined as a bicarbonate-calcium type, slightly mineralized and with high alkalinity. These studies have shown a stable oxygen regime, low oxidability and low color of water, which contributes to the development of the recreational potential of the region. The results of the work serve as a basis for further monitoring of reservoirs and assessment of changes caused by anthropogenic influences and climatic conditions. The high ecological stability of reservoirs is confirmed, which contributes to their effective use for recreational purposes.

Keywords: Sibe Lakes, Sadyrkol, Tortkara, Shalkar, Korzhynkol, Karakol, morphometry, hydrochemistry.