

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-2-13-20.16>

МРНТИ 39.01.81

УДК 55.556

М. А. Муздыбаев*¹, Д. К. Амантаев², А. Н. Кабдешев³, А. А. Амантай⁴

¹ *Научный сотрудник (Международный научный комплекс «Астана», Астана, Казахстан; murat.muz2209@gmail.com)

² Научный сотрудник (Международный научный комплекс «Астана», Астана, Казахстан; damir.amantayev@gmail.com)

³ Научный сотрудник (Международный научный комплекс «Астана», Астана, Казахстан; armankabdeshev@gmail.com)

⁴ Научный сотрудник (Международный научный комплекс «Астана», Астана, Казахстан; aigerim.amantaeva36@gmail.com)

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ОЗЕРА ЕСИК В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Аннотация. Рассматривается мониторинг изменения уровня воды в озере Есик, расположенном в Казахстане, за период с 2016 по 2024 год. Актуальность исследования обусловлена воздействием изменения климата на водные ресурсы региона, что представляет собой серьезную проблему для экосистемы и населения. Цель работы заключается в анализе динамики уровня воды и выявлении факторов, влияющих на его колебания. В исследовании использованы методы гидрологических наблюдений, включая регулярные замеры уровня воды, а также метеорологические данные о температуре и осадках. Применение статистического анализа позволило выявить корреляции между изменениями уровня воды и климатическими факторами. Практическое значение работы заключается в необходимости разработки мер по охране экосистемы озера Есик в условиях глобального изменения климата. Результаты исследования могут быть полезны для количественной оценки влияния сезонных гидрологических процессов на водные ресурсы при формировании стратегий управления водными ресурсами с учетом того, что водой из озера обеспечивается ГЭС Есик.

Ключевые слова: озеро Есик, изменение климата, атмосферные осадки, температура воздуха, термический режим озера, ледовый режим озера, водный режим озера.

Введение. Озеро Есик, расположенное в живописном Есикском ущелье Иле Алатау на высоте около 1760 м над ур. м., является одним из важных водоемов Казахстана. Оно было образовано в результате горного обвала на одноименной реке 8–10 тыс. лет назад, что привело к созданию естественной плотины высотой около 300 м. Питание озера происходит по реке Есик, которая считается самой прозрачной рекой Иле Алатау и образуется от слияния двух притоков: левого – реки Жарсай и правого – реки Тескенсу. Левый приток начинается с одноименного ледника, в цирке которого находятся сложные перевалы. Далее река Жарсай течет по глубокому каньону с водопадами, откуда произошло ее название (Жарсай – обрывистая лощина). Река Тескенсу вытекает из-под древней морены, образовавшей озеро Бозколь. Слившись на высоте 2200 м, обе реки получают название Есик и текут 96 км сначала по узкому Есикскому ущелью, а затем по равнине, впадая в реку Иле только в многоводное лето.

Первые исследования, отраженные в литературе, проведены в 1909 году Георгием Константиновичем Гинсом [1].

Изучение озера Есик осуществляли в рамках гляциологических работ в Иле Алатау Дюсенов Е. Д. [2], Капица В. П., Шахгеданова М. В., Усманова З. С., Северский И. В., Благовещенский В. П., Касаткин Н. Е. [3].

На реке Есик довольно часто происходят гляциальные селевые потоки, что значительно влияет на озеро Есик. 6 июля 1958 г. крупный гляциальный сель сформировался в долине р. Есик при прорыве озера под ледником Жарсай. Прорыв начался подземным путём, после обрушения кровли тоннеля он продолжился поверхностным путём. Объём озера составлял 250 тыс. м³, объём селя – 4 млн м³. Сель остановился в котловине завального озера Есик, пройдя 13 км и уничтожив много елового леса на дне долины. Всего через пять лет 7 июля 1963 г. по тому же пути и сценарию здесь

прошёл уже катастрофический сель. Его объём – 5,8 млн м³. Расходы селевого потока достигали 7 000 – 12 000 м³/с. Котловина озера Есик не смогла сдержать сель такого масштаба. Под напором волн высотой до 5,5 м, поднятых в озере селем, завальная плотина не выдержала. В ней образовался проран, через который озеро объёмом 18 млн м³ вытекло почти полностью, сформировав вторичный сель. Сель прошёл по всей долине р. Есик и вызвал разрушения в г. Есике на конусе выноса [4].

Рельеф бассейна озера Есик крутосклонный и глубоко расчлененный, с острыми зубчатыми гребнями хребтов и крутыми обрывистыми склонами. Климат в районе озера определяется его высотным расположением. Среднегорный пояс, на котором находится озеро Есик, характеризуется умеренным климатом.

В последние десятилетия уровень воды в озере стал предметом активных исследований. Изменения климата, включая глобальное потепление, оказывают значительное влияние на гидрологические условия региона. Увеличение температуры воздуха, изменение режима осадков и таяние ледников в горных районах приводят к изменению уровня воды в озерах и реках.

В частности, озеро Есик испытывает давление со стороны как природных факторов, так и антропогенной деятельности, включая забор воды для гидроэнергетики. Ниже озера располагается каскад Есикских деривационных ГЭС, для которых используются водные ресурсы озера Есик.

Мониторинг уровня воды в озере Есик с 2016 по 2024 год представляет собой важный шаг к пониманию динамики этого водоема в условиях изменения климата. Цель этого исследования заключается в анализе изменений уровня воды и выявлении факторов, влияющих на его колебания. Используя методы гидрологических наблюдений и статистического анализа, мы стремимся определить основные тенденции и закономерности, которые могут помочь в разработке стратегий управления водными ресурсами.

Кроме того, результаты исследования имеют практическое значение для оценки состояния экосистемы озера Есик и разработки мер по ее охране. В условиях глобальных климатических изменений важно не только понимать текущие процессы, но и предсказывать возможные сценарии развития ситуации в будущем. Таким образом, это исследование направлено на создание научной базы для принятия обоснованных решений в области охраны окружающей среды и устойчивого использования водных ресурсов.

Материалы и методы. В научно-исследовательской работе использованы различные источники данных. В таблице 1 приведен их список:

Таблица 1 – Исходные данные исследования

Table 1 – Initial data of the research

Тип данных	Источник	Годы	Показатели	Пространственное разрешение, м
Цифровая модель рельефа	USGS SRTM [5]	2000	Уклон, аспект	30
Спутниковые снимки	Sentinel 2 [6], Landsat 8 [7]	2016-2024	NDWI, спектральные индексы	10
Климатические данные	Веб-портал «Погода и климат»	1938-2024	Средняя температура воздуха, °С	–
	РГП «Казгидромет»	2000-2024	Сумма осадков, мм	–

Подготовлен и реализован алгоритм анализа динамики площади озера Есик на платформе Google Earth Engine (на языке JavaScript) [8]. Он состоял из следующих этапов:

1. Проведена предварительная обработка данных Sentinel-2: а) применена маска облачности QA60 для фильтрации снимков Sentinel-2; б) отобраны данные по ключевым месяцам (апрель, май, август, сентябрь); в) получен нормализованный индекс разности вод (NDWI) по каналам 3 (зеленый) и 8 (NIR); г) создана водная маска по пороговому значению NDWI > 0,3.

2. Рассчитаны площади водной поверхности путем агрегации пикселей водной маски; дан анализ сезонной динамики площади воды.

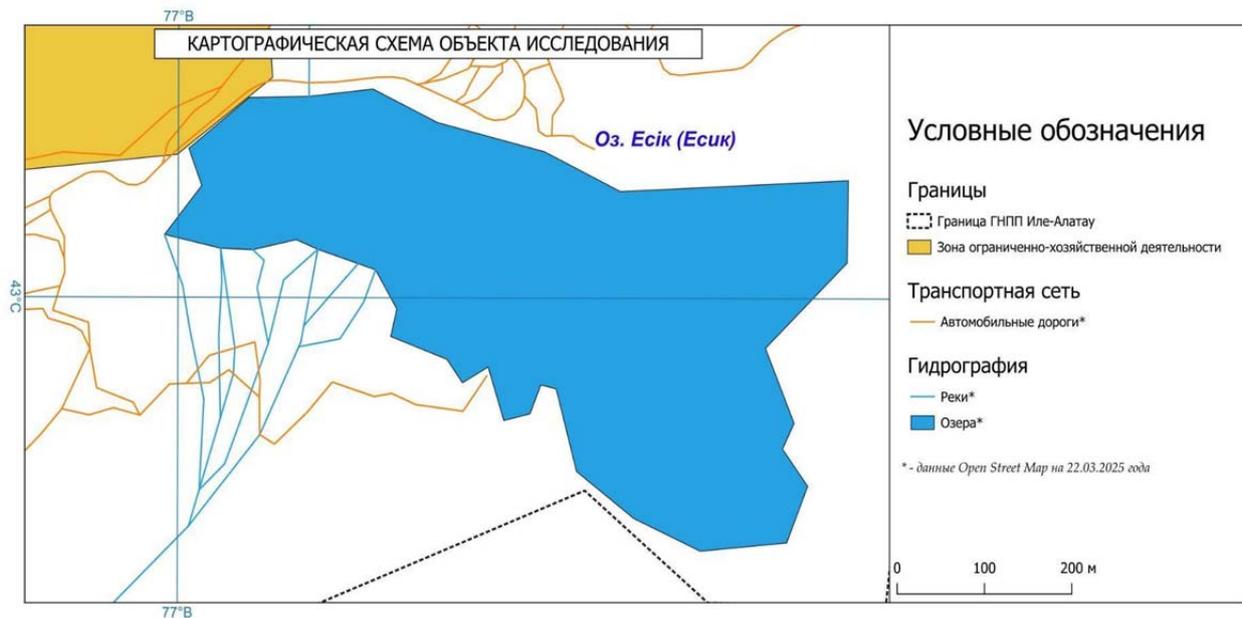


Рисунок 1 – Картографическая схема объекта исследования

Figure 1 – Cartographic scheme of the research object

3. Проанализированы временные ряды: а) созданы RGB-композиции для дат с экстремальными значениями площади воды; б) построены временные ряды изменения площади озера; в) построен график динамики площади воды в озере Есик.

Примененная методология обеспечила комплексную оценку гидрологической динамики озера Есик с учетом сезонных колебаний и многолетних изменений водного режима.

Результаты и их обсуждение. Алгоритм анализа изменений озера Есик на платформе Google Earth Engine позволил рассчитать динамику площади озера. Составлен график динамики площади озера (рисунок 1), варьирующейся от 171,8 до 226,0 тыс. м². Наблюдается пик значений в 2022 году (226,0 тыс. м²), после чего происходит небольшое снижение до 207,8 тыс. м² к 2024 году (рисунок 2).

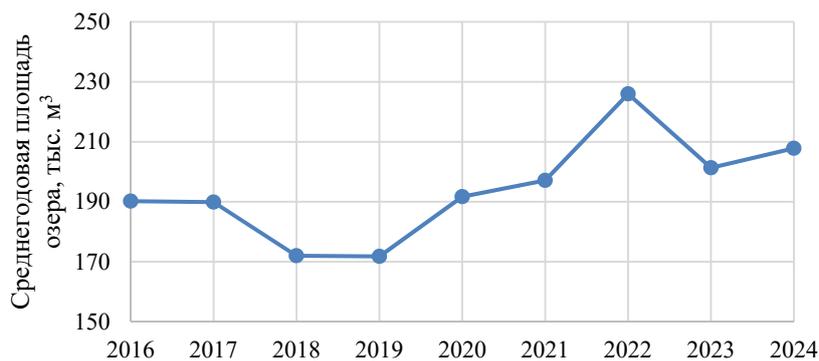


Рисунок 2 – Динамика среднегодовых площадей озера Есик с 2016 по 2024 г.

Figure 2 – Dynamics of the average annual area of Lake Esik from 2016 to 2024

Спутниковые снимки Sentinel-2 показали динамику изменения озера Есик в разные периоды времени. Изображения демонстрируют четыре состояния водоема: 01.08.2022 г. наблюдается максимальный уровень заполнения озера (рисунок 3, а); 01.04.2023 г. зафиксирован минимальный уровень воды в озере (см. рисунок 3, б), 08.09.2023 г. озеро заполнено водой больше (см. рисунок 3, в), 18.09.2024 г. (см. рисунок 3, г) заметны незначительные изменения в береговой линии.

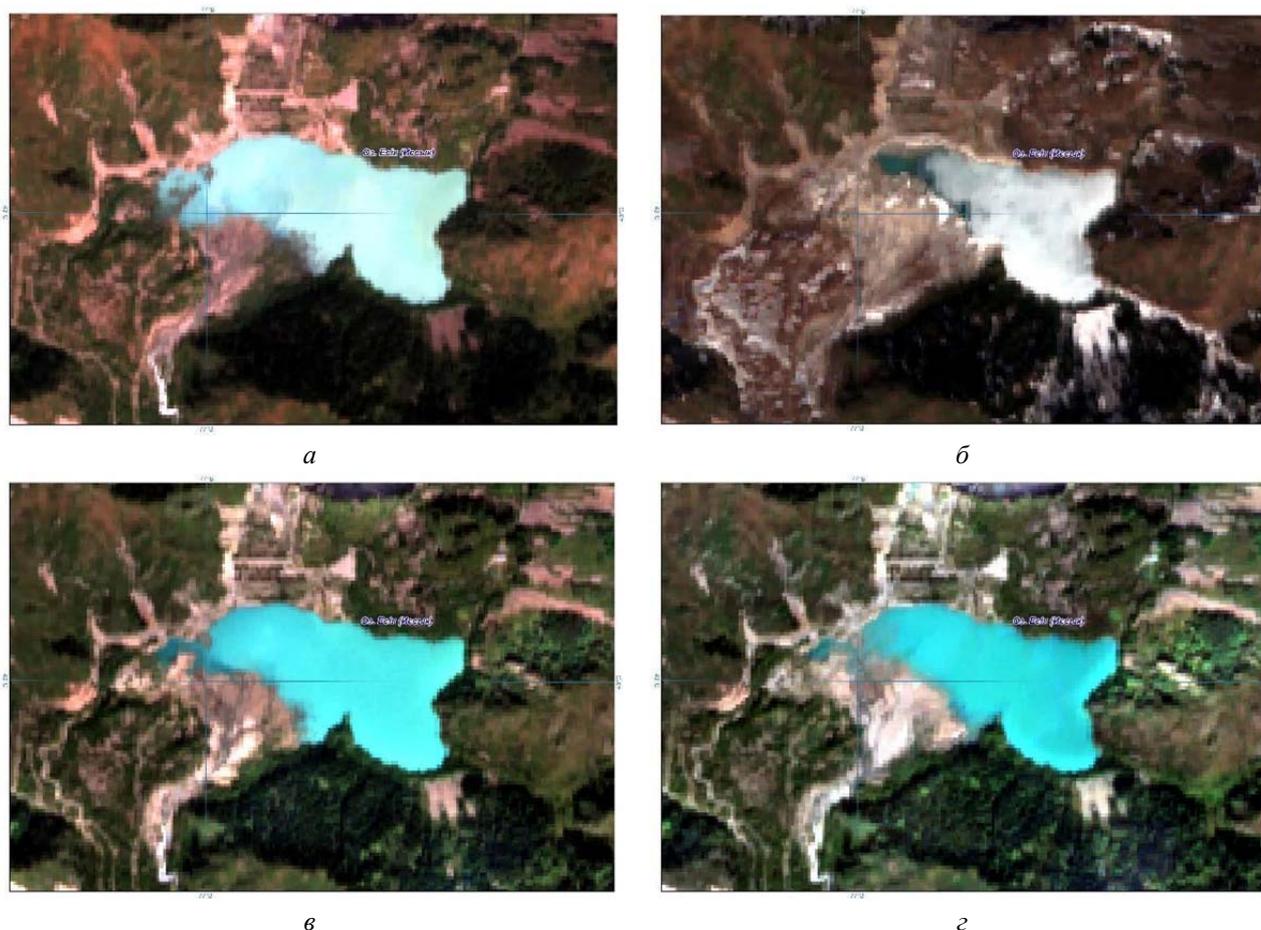


Рисунок 3 – Динамика изменения озера Есик на космических снимках Sentinel 2:

a – максимальный уровень озера (съемка от 01.08.2022 г.); *б* – минимальный уровень озера (съемка от 01.04.2023 г.); *в* – съемка от 08.09.2023 г.; *г* – съемка от 18.09.2024 г.

Figure 3 – The dynamics of Lake Esik changes in Sentinel 2 satellite images: *a* – the maximum lake level (taken on 08/01/2022); *b* – the minimum lake level (taken on 04/01/2023); *c* – taken on 09/08/2023; *d* – taken on 09/18/2024

Влияние изменений климата на гидрологический режим озера. В ущелье, в котором расположено озеро Есик, находится одна метеостанция в городе Есике. Климатические характеристики по метеостанции Есик представлена в таблице 2 [9].

Таблица 2 – Климатические характеристики по метеостанции Есик
Table 2 – Climatic characteristics of the Esik weather station

Показатели	I*	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя температура воздуха, °C (1938-2024 гг.)	-4,8	-3,9	2,2	10,1	15,2	19,9	22,4	21,1	16,0	8,7	1,6	-3,0	8,8
Сумма осадков, мм (2000-2024 гг.)	37	44	74	97	93	46	35	30	29	58	66	40	649
*Станция.													

Среднегодовая температура воздуха составляет 8,8°C. Самым холодным месяцем является январь – средняя месячная температура воздуха -4,8°C, самым тёплым месяцем – июль + 22,4°C (рисунок 4, *a*). В многолетнем разрезе с 1938 по 2023 год наблюдается увеличение среднегодовой температуры воздуха в среднем с 8,0 до 9,6°C (см. рисунок 4, *б*). Особенно это заметно с начала XXI века.

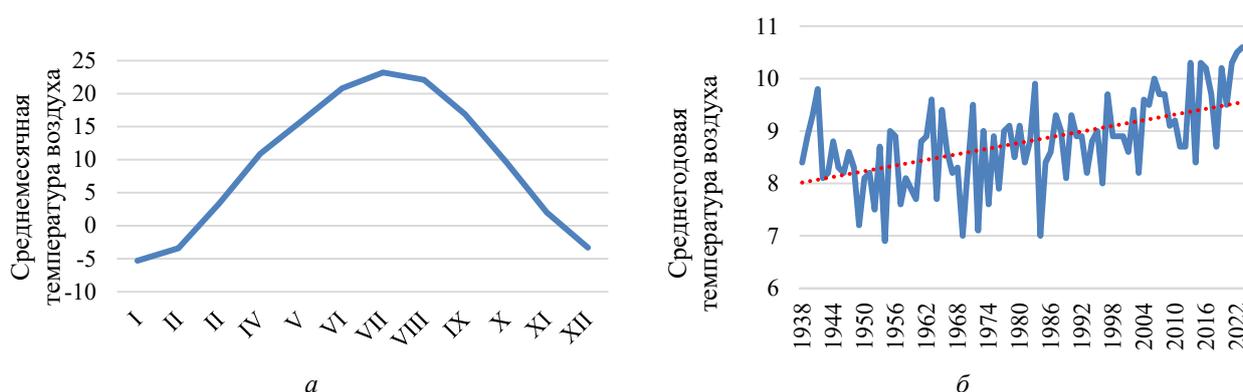


Рисунок 4 – Динамика среднегодовой температуры воздуха в районе озера Есик с 1938 по 2023 год:
a – среднегодовая температура воздуха; *б* – многолетняя динамика среднегодовой температуры воздуха с 1938 по 2023 г.

Figure 4 – Dynamics of the average annual air temperature in the area of Lake Esik from 1938 to 2023:
a – average annual air temperature; *b* – long-term dynamics of average annual air temperature from 1938 to 2023

Материалы по наблюдениям за осадками носят разрозненный характер, поэтому приняты во внимание данные с 2000 г. (таблица 2) [10]. Среднегодовое количество осадков характерно для горных территорий и составляет 649 мм. Внутригодовое распределение осадков носит неоднородный характер (рисунок 5, *a*). Максимальное количество осадков выпадает в весенний период. Также большое количество осадков отмечается в октябре-ноябре. Минимум осадков наблюдается в июле-сентябре.

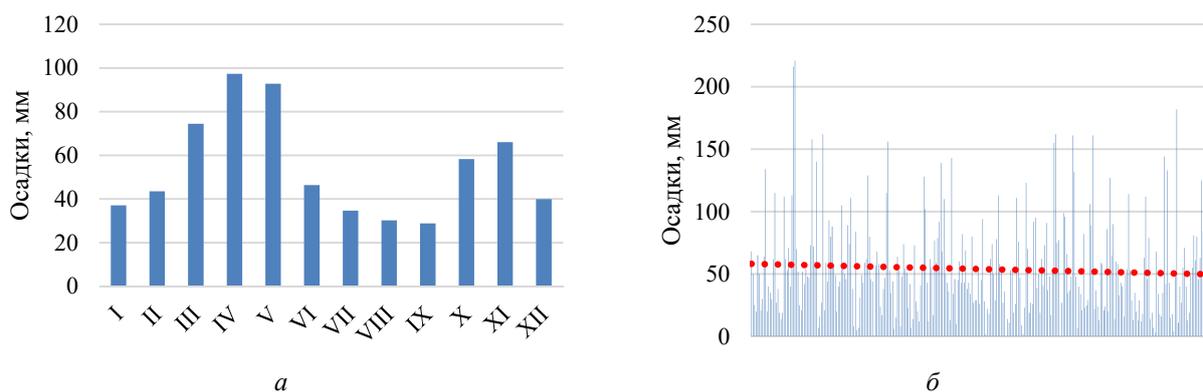


Рисунок 5 – Динамика осадков в районе озера Есик:
a – внутригодовое распределение осадков; *б* – сумма месячных осадков с 2000 по 2024 г.

Figure 5 – Precipitation dynamics in the area of Lake Esik:
a – intraannual precipitation distribution, *b* – the sum of monthly precipitation from 2000 to 2024

Анализ данных показал, что тренд осадков идет на снижение, несмотря на вариативность среднегодовых значений объема озера, количество осадков в озере Есик имеет тенденцию к снижению (см. рисунок 5, *б*). Количество осадков за указанный период снизилось на 12%. Основными факторами, влияющими на изменение площади озера, являются увеличение температуры воздуха, уменьшение количества осадков в регионе и антропогенное воздействие. Эти изменения могут быть связаны с глобальными климатическими изменениями.

Увеличение температуры воздуха, уменьшение количества осадков влияют на площади ледников бассейна реки Есик. Так, площади открытой части ледников в бассейне реки Есик уменьшились с 49,5 км² в 1955 году до 28 км² в 2022 году (таблица 3) [11]. Данный факт в дальнейшем может негативно отразиться на озере Есик.

Из-за потепления в гляциально-нивальном зоне Иле Алатау на более ранние сроки сдвинулись даты начала таяния снега и устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C весной и на более поздние сроки осенью, что также свидетельствует об увеличении продолжительности теплого периода.

Таблица 3 – Динамика площади открытой части ледников в бассейне реки Есик
Table 3 – Dynamics of the area of the open part of glaciers in the Esik River basin

Бассейн	Площадь открытой части ледников, км ²				
	1955	1990	2006	2014	2022
Есик	49,5	37,95 ± 2,34	34,24 ± 2,60	31,09 ± 2,12	28,03 ± 1,97

Таким образом, основными климатическими факторами, влияющими на сокращение оледенения Иле Алатау, являются устойчивый рост температур теплого периода и увеличение продолжительности периода абляции. Кроме того, на озеро Есик влияет расположенный в северо-западной части озера водозабор Есикского каскада ГЭС.

Оценка антропогенного влияния на химический состав озера Есик. Анализ показывает, что вода в озере по водородному показателю нейтральна, некоторые параметры не превышают норму (хлориды, сульфаты, нитраты, нефтепродукты), а остальные компоненты в воде не обнаружены (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели качества воды озера Есик в сравнении с ПДК
Table 4 – Water quality indicators of Lake Esik in comparison with MPC

Показатели	ПДК (по 2-му классу качества)	Оз. Есик	
		Фактическая концентрация	Превышение ПДК
pH	6,5-8,5	7,63	Нейтр.
БПК ₅ , мг/дм ³	2,1	Не обн.	–
ХПК, мг/дм ³	15	Не обн.	–
Хлориды, мг/дм ³	350	7,1	0,02
Сульфаты, мг/дм ³	100	24,97	0,25
СПАВ, мг/дм ³	0,1	Не обн.	–
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,5	Не обн.	–
Нитриты, мг/дм ³	0,1	Не обн.	–
Нитраты, мг/дм ³	40	1,7	0,04
Фосфаты, мг/дм ³	0,4	Не обн.	–
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,01	0,2

Все показатели находятся значительно ниже предельно допустимых концентраций для водоемов 2-го класса качества, что свидетельствует о высокой чистоте воды в озере Есик.

Закключение. Таким образом, изменения климата проявились в термическом и ледовом режиме озера неоднозначно. Наряду с очевидными последствиями, такими, как повышение температуры воды летнего периода, увеличение количества дней с температурой воды более 10°C, снижение продолжительности периода с ледовыми явлениями, уменьшение толщины льда и другие, выявлены факты более раннего перехода температуры воды через 4°C и сокращения количества дней с температурой выше нее, более раннего начала ледовых явлений и увеличения продолжительности ледостава.

В уровненом режиме озер преобладает циклический характер изменений, обусловленный режимом атмосферных осадков. К последствиям, вызванным потеплением климата, можно отнести отмечающиеся в отдельные периоды нарушения согласованности изменений уровня воды и атмосферных осадков, выразившиеся в снижении уровня при выпадении осадков, превышающих норму.

Результаты показывают тенденцию к значительному снижению сумм месячных осадков на 12 % за указанный период, увеличению среднегодовой температуры воздуха, что влияет на уменьшение площади акватории озера. Это подтверждает влияние глобального потепления на местные климатические условия. Кроме того, исследование выявило важность антропогенных факторов, таких, как забор воды для орошения сельскохозяйственных угодий и гидроэнергетики, что также негативно сказывается на уровне воды в озере.

Климатические изменения, антропогенное воздействие оказывают серьезное влияние на экосистему, включая уменьшение площади ледников. Ледники являются основным источником питания озера Есик, и их уменьшение в дальнейшем будет негативно сказываться на экосистеме водоема. Сокращение площади ледников приводит к снижению поступления воды в озеро, что может повлиять на его уровень воды, а также на флору и фауну.

Качественные характеристики воды озера Есик не показывают каких-либо превышений по химическим показателям, что говорит о чистоте озерной воды.

Итак, полученные результаты подтверждают выводы других исследований о негативном воздействии изменения климата на водные ресурсы Казахстана. Снижение уровня воды в озере Есик может привести к ухудшению состояния экосистемы и потере биоразнообразия. Необходимы меры по охране водоемов и адаптации к новым климатическим условиям.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант No AP19679133).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Таранчи и дунгане (Очерки из поездки по Семиречью) // Исторический вестник. – 1911. – № 8. Режим доступа: <https://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XX/1900-1920/Gins/text1.htm>
- [2] Дуйсенов Е. Д. Селевые потоки в Заилийском Алатау. – Алма-Ата, 1971. – 192 с.
- [3] Капица В. П., Усманова З. С., Северский И. В., Благовещенский В. П., Касаткин Н. Е., Шахгеданова М. В. Ледниковые озера Иле (Заилийского) Алатау: состояние, современные изменения, вероятные риски // Геориск. – Москва, 2018. – Том XII, № 3. – С. 68-78.
- [4] Медеу А. Р., Благовещенский В. П., Касаткин Н. Е., Капица В. П., Касенов М. К., Раймбекова Ж. Т. Гляциальные сели в Заилийском Алатау за последние 120 лет // Лёд и снег. – Москва, 2020. – № 60(2). – С. 213-224.
- [5] Meadows M., Jones S., Reinke K. Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-prone environments // Int J Digit Earth. – 2024. – Vol. 17, No. 1.
- [6] Google Earth Engine. Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A – Режим доступа: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED. 2017.
- [7] Özalkan E. Water body detection analysis using NDWI indices derived from landsat-8 OLI // Pol J. Environ Stud. – 2020. – Vol. 29, No. 2. – P. 1759-1769.
- [8] Mutanga, O., Kumar, L. (2019). Google Earth Engine Applications // Remote Sensing, 11(5), 591.
- [9] Справочно-информационный портал «Погода и климат». – Летопись погоды в Есике, 2024. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/36885.htm>.
- [10] РГП «Казгидромет». – Метеорологическая база данных, 2025. – Режим доступа: https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/.
- [11] Северский И. В., Муканова Б. А., Капица В. П., Таткова М. Е., Кокарев А. Л., Шестерова И. Н. Изменение оледенения северного склона Иле Алатау за семидесятилетний период // Вестник КазНУ. Серия географическая. 2024. – Вып. 73, № 2. – С. 59-71.

REFERENCES

- [1] Gins A. (n.d.). From the diary of a participant in the 1910 expedition to Xinjiang. – Access mode: <https://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XX/1900-1920/Gins/text1.htm>, free (in Russ.).
- [2] Duisenov E. D. Mudflows in the Zailiysky Alatau. Alma-Ata, 1971. 192 p. (in Russ.).
- [3] Kapitsa V. P., Shakhgedanova V., Usmanova Z. S., Severskiy I. V., Blagoveshchenskiy V. P., Kasatkin N. E. Glacial lakes of the Ili (Zailiysky Alatau): condition, current changes, probable risks // Georisk, 12(3) (in Russ.).
- [4] Medeu A. P., Blagoveshchenskiy V. P., Kasatkin N. E., Kapitsa V. P., Kasenov M. K., Raymbekova Z. T. (2020). Glacial debris flows in the Zailiysky Alatau over the past 120 years // Ice and Snow. M., 2020. No. 60. P. 213-224 (in Russ.).
- [5] Meadows M., Jones S., Reinke K. (2024). Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-prone environments. International Journal of Digital Earth, 17(1).
- [6] Google Earth Engine. (2017). Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A. – Access mode: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED.
- [7] Özalkan E. (2020). Water body detection analysis using NDWI indices derived from Landsat-8 OLI // Polish Journal of Environmental Studies. 29(2), 1759-1769.
- [8] Kumar L., Mutanga O. (2019). Google Earth Engine Applications // Remote Sensing, 11(5), 591.
- [9] Reference and Information Portal “Weather and Climate.” (2024). Weather chronicle in Esik. – Access mode: <https://www.pogodaiklimat.ru>, free. (in Russ.).
- [10] RSE “Kazhydromet.” (2025). Meteorological database. Access mode: https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/ (in Russ.).
- [11] Severskiy I. V., Mukanova B. A., Kapitsa V. P., Tat'kova M. E., Kokarev A. L., Shesterova I. N. (2024). Changes in glaciation of the northern slope of the Ili Alatau over a seventy-year period // Bulletin of KazNU. Series: Geography, 73(2), 59-71 (in Russ.).

М. А. Муздыбаев*¹, Д. К. Амантаев², А. Н. Қабдешев³, А. А. Амантай⁴

¹* Ғылыми қызметкер («Астана» Халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан;
murat.muz2209@gmail.com)

² Ғылыми қызметкер («Астана» Халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан;
damir.amantayev@gmail.com)

³ Ғылыми қызметкер («Астана» Халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан;
armankabdeshev@gmail.com)

⁴ Ғылыми қызметкер («Астана» Халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан;
aigerim.amantaeva36@gmail.com)

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ЕСІК КӨЛІНІҢ АУМАҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ДИНАМИКАСЫ

Аннотация. Бұл мақалада 2016-2024 жылдар аралығындағы кезеңде Қазақстанда орналасқан Есік көліндегі су деңгейінің өзгеру мониторингі қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі климаттың өзгеруінің аймақтың су ресурстарына әсеріне байланысты, бұл экожүйе мен халық үшін үлкен проблема болып табылады. Жұмыстың мақсаты – су деңгейінің динамикасын талдау және оның ауытқуына әсер ететін факторларды анықтау. Зерттеуде су деңгейін жүйелі түрде өлшеуді қоса алғанда, гидрологиялық бақылау әдістері, сондай-ақ температура мен жауын-шашынға қатысты метеорологиялық деректер пайдаланылды. Статистикалық талдауды қолдану су деңгейінің өзгеруі мен климаттық факторлар арасындағы корреляцияны анықтады.

Жұмыстың практикалық маңызы жаһандық климаттың өзгеруі жағдайында Есік көлінің экожүйесін қорғау жөніндегі шараларды әзірлеу қажеттілігінде жатыр. Зерттеу нәтижелері Су ресурстарын басқару стратегияларын қалыптастыру кезінде маусымдық гидрологиялық процестердің су ресурстарына әсерін сандық бағалау үшін пайдалы болуы мүмкін, өйткені көлден су Есік ГЭС-мен қамтамасыз етіледі.

Түйін сөздер: Есік көлі, климаттың өзгеруі, атмосфералық жауын-шашын, ауа температурасы, көлдің жылу режимі, көлдің мұз режимі, көлдің су режимі.

М. А. Muzdybaev*¹, D. K. Amantayev², A. N. Kabdeshev³, A. A. Amantai⁴

¹* Researcher (International Scientific Complex «Astana», Astana, Kazakhstan;
murat.muz2209@gmail.com)

² Researcher (International Scientific Complex «Astana», Astana, Kazakhstan;
damir.amantayev@gmail.com)

³ Researcher (International Scientific Complex «Astana», Astana, Kazakhstan;
armankabdeshev@gmail.com)

⁴ Researcher (International Scientific Complex «Astana», Astana, Kazakhstan;
aigerim.amantaeva36@gmail.com)

DYNAMICS OF THE YESIK LAKE'S SURFACE AREA UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

Abstract. This study examines changes in the water level of the Yesik Lake, located in Kazakhstan, over the period from 2016 to 2024. The relevance of the research stems from the increasing impact of climate change on regional water resources, which poses serious challenges to both the local ecosystem and population. The aim of the study is to analyze the dynamics of the lake's water level and to identify key factors contributing to its fluctuations. The research employs hydrological observation methods, including regular water level measurements, as well as meteorological data on temperature and precipitation. Statistical analysis was used to reveal correlations between water level variations and climatic parameters. The practical significance of the study lies in the need to develop measures to preserve the ecosystem of the Yesik Lake in the face of global climate change. The findings can contribute to a quantitative assessment of the influence of seasonal hydrological processes on water resources and support the development of water resource management strategies, particularly given the lake's role in supplying water to the Yesik Hydroelectric Power Station.

Keywords: Lake Yesik, climate change, atmospheric precipitation, air temperature, thermal regime of the lake, ice regime of the lake, water regime of the lake.