



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему: «Межгодовая изменчивость уровня воды в озере Танганьика
(Республика Бурунди)»

Исполнитель Гахимбаре Надья

Руководитель кандидат географических наук, доцент

Алексеев Денис Константинович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

Алексеев Денис Константинович

« 11 » июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание	
Введение	4
1. Физико-географические и климатические характеристики озера Танганьика	6
1.1 Описание озера	6
1.2 Климат региона и его влияние на уровень воды	11
1.3 Водосборный бассейн озера Танганьика	14
1.4 Биоразнообразие озера Танганьика	18
1.5 Экономическое и экологическое значение озера	19
2. Экологические и социально-экономические последствия изменений уровня воды в озере Танганьика.	22
2.1 Экологические последствия	22
2.2 Социально-экономические последствия для местного населения	23
2.3 Стратегии сохранения озера Танганьика	29
3. Анализ изменения уровня воды озера Танганьика	34
3.1 Среднемноголетние колебания уровня воды в озере Танганьика	34
3.2 Долгосрочные тренды уровня воды	40
4. Факторы, влияющие на изменение уровня воды в озере Танганьика.	51
4.1 Климатические факторы	51

4.2	Оценка влияний температуры поверхности и показатели испарения Мирового океана на изменение уровня озера Танганьика	56
-----	--	----

4.2.1	Выбор зон водной поверхности океана, влияющей на режим осадков в Бурунди	57
-------	--	----

4.2.2	Влияние температуры поверхности океана на режим осадков в Бурунди	58
-------	---	----

4.2.3	Оценка влияния фактора испарения на режим осадков в Бурунди	64
-------	---	----

4.3	Влияние температуры поверхности Мирового океана на уровня воды в озере Танганьика.	70
-----	---	----

4.4	Влияние испарения Мирового океана на уровня воды в озере Танганьика.	71
-----	---	----

	Заключение	73
--	------------------	----

	Список использованных источников	76
--	--	----

	Приложения	79
--	------------------	----

	Приложение А– Месячные значения уровня воды в озере Танганьика на порте Бужумбура.	79
--	---	----

	Приложение Б – Среднегодовая температура воздуха в градусах по станциям	80
--	---	----

	Приложение В – Сумма атмосферных осадков по станциям	80
--	--	----

	Приложение Г – Индексы растительности NDVI	81
--	--	----

	Приложение Д – ТПО по зонами	81
--	------------------------------------	----

Приложение Е –	Wa по влияющим зонам	83
----------------	----------------------------	----

Введение

В последние годы озеро Танганьика, как и многие другие биологические уязвимые территории, ощущает на себе экологические и социально-экономические последствия растущего населения и изменения климата. Граничащее с четырьмя странами (Бурунди, Демократической Республикой Конго, Танзанией и Замбией), оно является источником средств к существованию для более чем 10 миллионов человек. Озеро является важным источником питьевой, хозяйственно-бытовой воды и международным транспортным маршрутом, а также имеет уникальное высокое биологическое разнообразие. Рыба является важным источником белка в рационе местных жителей.

Уровень воды в озере Танганьика постоянно колеблется, затопляя отдельные районы в периоды половодья, что наносит значительный материальный и человеческий ущерб. Наводнения, вызванные повышением уровня воды в озере после сильных дождей, приводят к заболеваниям, перемещению, гибели людей, потере имущества и инфраструктуры, нарушению экосистемы и сбоям в работе государственных служб.

Цель данной работы заключается в оценке внутригодовой и межгодовой изменчивости уровня воды в озере Танганьика за период 1971–2022 гг..

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проанализировать физико-географические и климатические условия района исследований.
2. Оценить экологические и социально-экономические последствия изменений уровня воды для местного населения.
3. Оценить многолетние изменения уровня озера Танганьика за последние 50 лет.
4. Выявить ключевые факторы, влияющие на изменение уровня озера.

В качестве потенциальных факторов рассматриваются температура воздуха, сумма осадков, нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) в Республике Бурунди, температура водной поверхности и показатель испарения Мирового океана.

Информационное обеспечение включает:

- Архив среднемесячных значений уровня воды озера Танганьика в Республике Бурунди;
- Архив среднемесячных значений метеорологических параметров на метеостанциях Бурунди, расположены в бассейне озера Танганьика;
- Архив среднемесячных значений NDVI в данном регионе;
- Архив среднемесячных значений температуры водной поверхности Мирового океана;

– Архив среднемесячной температуры воздуха над поверхностью океанов.

Объектом исследования является территория африканской республики Бурунди.

Актуальность данного исследования заключается в том что изменение уровня озера Танганьика имеет важное значение как для экосистемы самого озера, так и для жизней людей, зависящих от его ресурсов.

Практическая ценность данной работы состоит в потенциальном вкладе в решение актуальных экологических, экономических и социальных проблем региона.

Эта магистерская диссертация, основанная на статистическом анализе, была направлена на оценке изменений уровня воды в озере Танганьика за период 1971–2022 гг., документирование воздействия этих изменений на население и экосистемы прибрежных районов, особенно в Бурунди и выявление факторов, влияющие на изменение уровня воды в озере Танганьика.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка использованных источников и литературы и 5 приложений. Текст изложен на 83 страницах и включает 15 таблицы, 33 рисунка. Список литературы содержит 19 наименований.

Заключение

1. Физико-географические и климатические характеристики озера Танганьика определяют его уникальность и важность для региона.

2. Колебания уровня воды в озере Танганьика оказывают значительное влияние на экосистемы и социально-экономическую ситуацию в Бурунди. Последствия такие как деградация водных и прибрежных экосистем, сокращение биоразнообразия и ухудшение качества воды ставят под угрозу рыболовство и сельское хозяйство – важнейшие источники дохода и продовольствия. Наводнения, вызванные повышением уровня воды, разрушают инфраструктуру, затрудняют транспортные перевозки, усиливают миграцию, болезни и смертность и таким образом усугубляют бедность местного населения.

3. Проведены анализы внутригодовой и межгодовой изменчивости уровня воды в озере Танганьика:

- Результаты анализа среднемесячного уровня воды в озере Танганьика показали, что уровень воды сильно повышается в течение длинного сезона дождей (январь— май) и его сравнение с годового хода суммой осадков указывает на задержку на 2 месяца. Максимальная высота уровня воды наблюдается в конце сезона в мае (775,07 м). Во время сухого сезона (июнь— август) и немного после него уровень воды снижается из-за уменьшения притока и увеличения испарения. Наименьшее значение уровня воды наблюдается в ноябре

(774,36 м). Он стабильный во течение четырёх месяцев (сентябрь–декабрь).

- Однородность уровня воды оценена по математическому ожиданию с помощью критерия Стьюдента– Госсета и по дисперсии с помощью критериев Фишера и ряд являлся не однороден. Дата нарушения однородности была определена путем построения интегральной кривой и оказалась в 2007 году, как раз после длительного периода засухи.

- Временные изменения уровня воды в озере Танганьика оценены по линейному тренду на уровне значимости 5%. Построены 2 графика по уровню воды на гидрологическом станции порт-Бужумбура за период с 1971 по 2006 гг. и за период с 2007 по 2022 гг. Анализ показался что с 1971 по 2006 гг. уровень воды в озере Танганьика имел тенденцию к убыванию, а с 2007 по 2022 гг. зарегистрирована значительная тенденция увеличения уровня воды, что требует поиск потенциальных факторы, влияющие на такое изменение уровня воды.

4. В качестве факторов выбраны климатические (температура воздуха и сумма осадков), нормированный индекс растительности «NDVI», температура водной поверхности и показатель испарения Мирового океана. Для рассмотрения влияния климатических факторов на изменчивость уровня воды в озере Танганьика использованы температура воздуха и количество осадков в Бурунди по данным 9 метеостанций, расположенными на бассейне озера Танганьика. Для

анализа влияния температуры водной поверхности и испарения Мирового океана на изменение уровня воды в озере Танганьика использовались зоны Мирового океана, влияющие на количество осадков в Бурунди во влажный сезон (сентябрь – май). Для каждого фактора были вычислены коэффициенты корреляции между его значениями и значениями уровня озера:

- По результатам расчета коэффициентов корреляции между уровнем воды в озере Танганьика и температурой воздуха выяснилось, что связь между ними обратная на многих станциях кроме в Мпота Тора, Мпарамбо и Чанкузо, где она является прямой. То есть уровень воды убывает с возрастанием температурой воздуха. Она значима на станциях Бужумбура, Мпота Тора, Нянза-Лак и Макамба.

- Корреляция между суммой осадков и уровнем воды показывала что связь между ними прямая на всех станций, за исключением Бужумбуры, где она обратная. То есть уровень воды повышается с увеличением количества осадков. Она также значима (так как $t > t_{кр}$) на станциях Рвегура, Мусаса, Киньинья и Чанкузо.

- Связь между уровнем озера и вегетационным индексом может быть как прямой, так и обратной. Она незначима (так как $t < t_{кр}$) на всех станциях, за исключением Бужумбура. На станции Бужумбура, связь обратная и достаточно значима.

- Для Температуры водной поверхности Мирового океана, результаты корреляции показывают что связь обратная. То есть уровень воды повышается при снижении температуры поверхности воды Мирового океана. Южная и северная части Индийского океана

(Ind0–30N и Ind0–30S) и северная часть Атлантического океана (Atl0–30N) оказывают большое влияние на изменчивость уровня воды в озере Танганьика.

– Связь между уровнем озера и показателем испарения Мирового океана обратная на всех зонах, то есть уровня воды уменьшается при испарении Мирового океана. Она значима только для северной части Индийского океана (Ind0– 30N).

Уровень воды в озере Танганьика очень изменчивый и на него оказывает влияние различные климатические факторы. Все эти факторы следовательно влияют на биоразнообразие экосистемы озера и жизнь местного населения. Различные меры были приняты на региональном и национальном уровнях для сохранения экосистемы.

Список использованных источников

1. И . Я . Олейников, Страны и народы востока, издательство «наука» Главная редакция восточной литературы , Москва, 1969.
2. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Великие озера мира – СПб: Лема, 2012. – 370 с.
3. P.D. Plisnier, M. Nshombo, H. F. Mgana, G. Ntakimazi, Monitoring climate change and anthropogenic pressure at Lake Tanganyika, Journal of Great Lakes Research, June 2018.
4. H. Phiri, D. Mushagalusa, C. Katongo, C. Sibomana, Migeni Z. A., N. Muderhwa, S. Smith, G. Ntakimazi, D. Nahimana, P. M. Mulungula, L. H. Haambiya, P. M. Isumbisho, P. Limbu, I. A. Kimirei, N. B. Marwa, .R J. Mlingi, A. M. Mangaza Lake Tanganyika: Status, challenges, and opportunities for research collaborations, Article in Journal of Great Lakes Research, August 2023.
5. S. E. Jorgensen, G. Ntakimazi, S. Kayombo Lake Tanganyika, Experience and Lessons Learned Brief.
6. Benjamin Kuriyo, Directeur de publication, Le lac Tanganyika, une menace perpétuelle ?2021 [Электронный ресурс]. – [URL:https://burundi-eco.com/lac-tanganyika-menace-perpetuelle/](https://burundi-eco.com/lac-tanganyika-menace-perpetuelle/) (Дата обращения: 25.03.2025)
7. Le port de Rumonge en proie aux effets du changement climatique, 2024 [Электронный ресурс]. – URL:

- <https://burundi-eco.com/le-port-de-rumonge-en-proie-aux-effets-du-changement-climatique/>(Дата обращения: 25.03.2025).
8. Robert Bociaga, Human pressures strain Lake Tanganyika' s biodiversity and water quality, Mongabay, 9 Sep 2022Africa [Электронный ресурс]. – URL: <https://news.mongabay.com/2022/09/human-pressures-strain-lake-tanganyikas-biodiversity-and-water-quality/> (Дата обращения: 25.03.2025).
9. Озеро Танганьика, 13 октября 2022 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tsuren.ru/news/ozero-tanganika/> (Дата обращения: 05.04.2025).
10. Lake Tanganyika, what the future holds [Электронный ресурс]. – URL: <https://reliefweb.int/report/burundi/burundi-plan-de-reponse-inondations-et-montee-du-lac-tanganyika-effets-el-nino> (Дата обращения: 05.04.2025).
11. La montée des eaux du lac Tanganyika provoque des besoins humanitaires urgents au Burundi, Lauriane Wolfe, responsable des médias et de la communication à l'OIM en Burundi [Электронный ресурс]. – URL: <https://storyteller.iom.int/fr/stories/la-montee-des-eaux-du-lac-tanganyika-provoque-des-besoins-humanitaires-urgents-au-burundi> (Дата обращения: 15.04.2025).

12. В.А. Шелутко, Е.С. Урсова, Практикум по дисциплине «Анализ и методы обработки геоэкологической информации». – СПб.: РГГМУ, 2020. – 120 с.
13. Ndayiragije, J.M.; Li, F. Monitoring and Analysis of Drought Characteristics Based on Climate Change in Burundi Using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Water* 2022, 14, 2511. <https://doi.org/10.3390/w14162511>.
14. Burundi: NDVI at Subnational Level [Электронный ресурс]. – URL: <https://data.humdata.org/dataset/bdi-ndvi-subnational> (Дата обращения: 20.04.2025).
15. Положение ВЗК и Сезонные осадки (мм/мес.) в Африке [Электронный ресурс]. URL: https://studfile.net/html/22145/227/html_A1Q1IjP_6.LWFT/htmlconvd-4Q6fPF35x1.jpg (Дата обращения: 02.01.2025).
16. NOAA NCDC *Extended reconstructed sea surface temperature* // IRI/LDEO Climate Data Library – К, 2014. [Электронный ресурс]. – URL: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/> (Дата обращения: 05.03.2025).
17. С.П.Хромов Основы синоптической метеорологии Л., Гидрометеоиздат, 1948, 694с.
18. Архив по температуре воздуха. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#filfor> (Дата обращения: 02.02.2025).
19. Secrétariat de l' ALT, 2012, Programme d' Action Stratégique pour la Protection de la Biodiversité et la Gestion Durable des Ressources Naturelles du Lac Tanganyika et de son Bassin, Bujumbura, Burundi, 121 pages.

