

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: Динаміка метеорологічного режиму
внутрішньоконтинентальної кліматичної зони Антарктиди

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-22М
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма
«Метеорологія і кліматологія»
Рудик Богдан Павлович

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Прокоф'єв Олег Милославович

Рецензент д-р геогр. наук, професор
Овчарук Валерія Анатоліївна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут

Кафедра Метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 "Науки про Землю"

(шифр і назва)

Освітня програма Метеорологія і кліматологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

" 23 " жовтня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

студенту Рудику Богдану Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Динаміка метеорологічного режиму внутрішньоконтинентальної кліматичної зони Антарктиди

Керівник роботи Прокоф'єв Олег Милославович, канд.геогр.наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від "16" жовтня 2023 року № 215-С

2. Строк подання студентом роботи 29 листопада 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Дослідження метеорологічного режиму внутрішньоконтинентальної високогірної зони Антарктиди проводилося за даними, отриманими з сайту Британської Антарктичної служби. Вихідні дані представляють собою середньодобові значення приземної температури повітря за період з 1991 по 2020рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розрахувати та проаналізувати статистичні характеристики приземної температури повітря досліджуваного регіону; тенденції багаторічних змін приземної температури; визначити значущі періоди коливань температури повітря; визначити та проаналізувати трендові складові приземної температури повітря; розрахувати та проаналізувати аномалії температури повітря за десятирічні періоди.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки річного ходу приземної температури повітря; графіки міжрічної мінливості приземної температури повітря; гістограма трендової складової приземної температури повітря; гістограми аномалій приземної температури повітря по десятиріччям; гістограма середньорічних аномалій температури за досліджуваний період.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 23 жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання	23.10.2023 р.		
2	Збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи магістра.	24.10.2023 р. - 29.10.2023 р.	80	добре
3	Формування бази даних по приземній температурі повітря.	30.10.2023 р. - 06.11.2023 р.	90	відмінно
4	Розрахунок та аналіз статистичних характеристик приземної температури повітря.	07.11.2023 р. - 14.11.2023 р.	85	добре
5	Рубіжна атестація	13-17.11.2023 р.	85	добре
6	Розрахунок трендової складової приземної температури повітря та аналіз особливостей багаторічних змін приземної температури повітря.	14.11.2023 р. - 18.11.2023 р.	85	добре
7	Розрахунок та аналіз аномалій середньомісячних значень приземної температури повітря за десятирічні періоди.	18.11.2023 р. - 23.11.2023 р.	74	добре
8	Розрахунок та аналіз сум аномалій середньорічних значень приземної температури повітря за десятирічні періоди.	23.11.2023 р. - 28.11.2023 р.	91	відмінно
9	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату	29.11.2023 р.	88	добре
10	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	30.11-2.12.2023р	-	-
11	Підготовка презентаційного матеріалу	-	-	-
12	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	85	добре

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Рудик Б.П.

(прізвище та ініціали)

Прокоф'єв О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційно роботи "Динаміка метеорологічного режиму внутрішньоконтинентальної кліматичної зони Антарктиди"

Автор: Рудик Богдан Павлович

Актуальність. Актуальність теми визначається необхідністю постійного моніторингу метеорологічного режиму Антарктиди та його динаміки в світлі сучасних кліматичних змін.

Мета дослідження – встановлення основних рис динаміки метеорологічного режиму внутрішньоконтинентальної високогірної кліматичної зони.

Відповідно до поставленої мети було розв'язано такі **задачі:**

- розрахування статистичних характеристик приземної температури повітря у внутрішньоматериковій високогірній кліматичній зоні Антарктиди;
- аналіз динаміки приземної температури повітря досліджуваного регіону;
- аналіз аномалій приземної температури повітря за тридцятирічні періоди.

Об'єкт дослідження: метеорологічний режим внутрішньоконтинентальної високогірної зони Антарктиди.

Предмет дослідження: середньомісячні значення приземної температури повітря.

Методи дослідження: методи багатовимірного статистичного аналізу, методи дослідження випадкових функцій, кореляційний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей метеорологічного режиму Антарктиди в умовах змін глобального клімату.

Практичне значення отриманих результатів. Застосовані принципи статистичного дослідження та одержані результати можуть бути використані при вивченні змін глобального клімату, а також при розробці фізико-статистичних моделей довгострокових прогнозів погоди для Південної півкулі.

Структура і обсяг роботи: магістерська робота в обсязі 54 сторінок складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань з 12 джерел і містить 9 рисунків та 8 таблиць.

Перелік ключових слів: приземна температура повітря, внутрішньоматерикова високогірна зона, аномалії, тренд, Антарктида.

ANNOTATION

Theme of the master's qualification work "Dynamics of the meteorological regime of the intracontinental climatic zone of Antarctica"

Author: Rudyk Bohdan

Relevance. The relevance of the topic is determined by the need for constant monitoring of the meteorological regime of Antarctica and its dynamics in the light of modern climate changes.

The purpose of the study – establishment of the main features of the dynamics of the meteorological regime of the intracontinental highland climatic zone.

The following objectives have been achieved in accordance with **the objective:**

- calculation of statistical characteristics of the surface air temperature in the intracontinental high-altitude climatic zone of Antarctica;
- analysis of surface air temperature dynamics of the studied region;
- analysis of surface air temperature anomalies over thirty-year periods.

Object of study: meteorological regime of the intracontinental highland zone of Antarctica.

Subject of study: average monthly values of the surface air temperature.

Research methods: methods of multivariate statistical analysis, methods of studying random functions, correlation analysis.

The scientific novelty of the obtained results consists in a comprehensive statistical study of the spatio-temporal features of the meteorological regime of Antarctica under conditions of global climate change.

Practical value of the obtained results. The applied principles of statistical research and the obtained results can be used in the study of global climate changes, as well as in the development of physical and statistical models of long-term weather forecasts for the Southern Hemisphere.

Structure and scope of work: the master's thesis in the amount of 54 pages consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of references from 12 sources and contains 9 figures and 8 tables.

List of keywords: surface air temperature, intracontinental high mountain zone, anomalies, trend, Antarctica.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЛІМАТ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	8
1.1 Загальна інформація	8
1.2 Антарктична суша та своєрідність її як підстильної поверхні	9
1.3 Метеорологічний режим та клімат Антарктиди.....	10
1.3.1 Метеорологічний режим внутрішньоконтинентальної високогірної зони.....	15
1.3.2 Метеорологічний режим кліматичної зони льодовикового схилу.....	16
1.3.3 Метеорологічний режим прибережної кліматичної зони....	17
1.3.4 Метеорологічний режим прибережної кліматичної зони....	18
2 ВИХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1 Характеристика вихідної інформації.....	20
2.2 Методи розрахунку основних статистичних параметрів	22
2.3 Методи розрахунку аномалій приземної температури повітря ...	29
3 ДИНАМІКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВНУТРІШНЬОМАТЕРИКОВОЇ ВИСОКОГІРНОЇ ЗОНИ.....	31
3.1 Статистичні характеристики приземної температури повітря досліджуваного регіону.....	32
3.2 Особливості багаторічних змін приземної температури повітря	36
4 АНАЛІЗ АНОМАЛІЙ ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ДОСЛІДЖУВАНОГО РЕГІОНУ.....	42
4.1 Динаміка середньомісячних аномалій приземної температури повітря.....	53

4.2 Динаміка середньорічних аномалій приземної температури повітря купольних станцій Антарктиди.....	48
ВИСНОВКИ.....	50
ЛІТЕРАТУРА	53

ВСТУП

Зміна клімату є однією з найскладніших проблем нашого сторіччя. Вирішенню цієї проблеми присвячені численні дослідження вчених-кліматологів та їх узагальнення у вигляді доповідей Міжурядової групи експертів із проблеми змін клімату (МГЕЗК).

Незважаючи на те, що існує велика кількість ефективних фізико-математичних моделей клімату для оцінки його майбутніх змін на основі кліматичних сценаріїв, питання регіональних змін клімату, зокрема температурного режиму залишається відкритим.

Тому дослідження проявів змін температурного режиму на регіональному рівні є актуальним завданням. Саме рішення цієї проблеми та присвячена дана робота з аналізу динаміки метеорологічного режиму внутрішньоматерикової кліматичної зони Антарктиди. Актуальність теми визначається необхідністю постійного моніторингу метеорологічного режиму Антарктиди та його динаміки в світлі сучасних кліматичних змін.

В якості вихідної інформації використовувалась приземна температура повітря отримана з бази даних Британського антарктичного центру. Період спостережень складає 30 років (з 1991 по 2020рр.).

Для реалізації дослідження виконані наступні завдання:

- розраховані та проаналізовані статистичні оцінки приземної температури повітря досліджуваних станцій;
- розраховані та проаналізовані значущі періоди коливань приземної температури повітря;
- побудовані графіки міжрічної мінливості приземної температури;
- визначена та проаналізована трендова складова приземної температури повітря за досліджуваний тридцятирічний період;
- розраховані та проаналізовані аномалії приземної температури повітря для усіх місяців року та середньорічних значень;

- визначено основні риси динаміки термічного режиму внутрішньоматерикової кліматичної зони Антарктиди за останні тридцять років.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань.

4.2 Динаміка середньорічних аномалій приземної температури повітря купольних станцій Антарктиди

Для оцінки динаміки середньорічних аномалій приземної температури повітря внутрішньоматерикової високогірної зони Антарктиди за останні тридцять років (1991-2020рр.) побудована гістограма сум середньорічних значень аномалій приземної температури по регіону дослідження за десятирічні періоди (рис. 4.4).

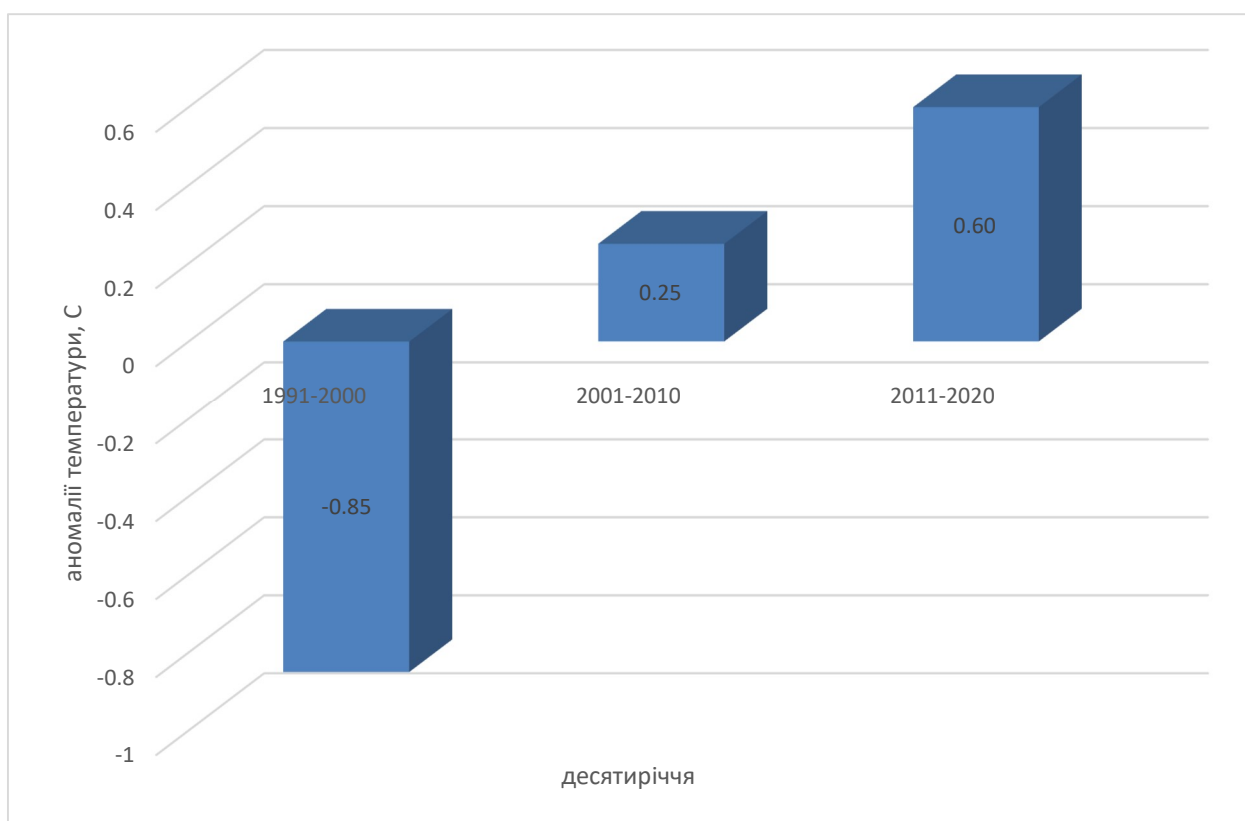


Рис. 4.4 – Середньорічні аномалії приземної температури повітря внутрішньоматерикової високогірної станції Антарктиди за десятирічні періоди з 1991 по 2020рр.

Як бачимо, за тридцятирічний період 1991-2020 рр. у високогірній кліматичній зоні Антарктиди спостерігається стійка тенденція до збільшення приземної температури повітря з $-0,9$ С в перше десятиріччя, до $0,3$ С в друге та $0,6$ С в третє десятиріччя.

ВИСНОВКИ

Аналіз динаміки приземної температури повітря внутрішньоматерикової високогірної станції Антарктиди дозволив зробити наступні висновки:

- мінімальні значення приземної температури повітря в досліджуваному регіоні спостерігаються в період антарктичної зими, максимальні – влітку;
- середньорічна температура в досліджуваній кліматичній зоні змінюється в широкому діапазоні. Річна амплітуда температури складає більше 30 С. Мода, для більшості місяців року, суттєво відрізняється від середнього значення, що може свідчити про відмінність процесу змін клімату в досліджуваному регіоні від нормального;
- дисперсія та середньоквадратичний відхил змінюються у широких межах. Мінімальні значення фіксуються в перехідні та літні періоди року, а максимальні – взимку, що пов'язане з відсутністю сонячної радіації в зимові місяці та переважанням адвективного режиму погоди;
- аналіз статистичних характеристик приземної температури повітря дозволив встановити, що за ступенем скошеності кривих розподілу, тобто по величині коефіцієнту асиметрії, в рядах приземної температури повітря на купольних станціях Антарктиди зустрічається як правостороння, так і лівостороння асиметрії, що означає суттєву відмінність процесу змін клімату у високогірній кліматичній зоні від нормального та його не стаціонарність;
- приземна температура повітря на досліджуваних станціях змінюється у достатньо широкому діапазоні, про що свідчить розрахований коефіцієнт ексцесу. Це дає змогу стверджувати, що в

досліджуваному районі спостерігаються різкі коливання температури повітря, які характеризуються великими значеннями амплітуди та зменшенням періоду коливань.

- температурний режим на станції Восток жорсткіший ніж на станції Амундсен-Скотт, що пояснюється їх географічним положенням (станція Восток знаходиться на так званому «полюсі абсолютної недоступності»);

- для приземної температури повітря внутрішньоматерикової високогірної зони найбільш характерні коливання з періодом два і три роки, але слід зазначити, що зустрічаються квазіп'яти, шести, восьми та десятирічні коливання;

- аналіз лінійних трендів показав, що для абсолютної більшості місяців року (окрім квітня – $-0,3$ C) на станції Восток характерне зростання приземної температури повітря за досліджуваний період, яке досягає максимальних значень в кінці антарктичної зими, напочатку весни – липень ($2,6$ C), жовтень ($3,1$ C) та листопад ($3,4$ C). Від'ємні значення тренду на станції Восток фіксуються тільки напочатку зими. На станції Амундсен-Скотт від'ємні аномалії фіксуються виключно в зимовий період: з травня ($-0,4$ C) по вересень ($-0,2$ C). Найбільший від'ємний тренд припадає на липень і складає $-0,9$ C. Додатні тренди спостерігаються в решту пори року і досягають максимальних значень в перехідні сезони: березень ($2,0$ C) та листопад ($2,1$ C);

- аналіз аномалій приземної температури повітря за досліджуваний період показав плямистість у розподілі температури за десятиріччями: що в перше десятиріччя, 1991-2000рр., в досліджуваному регіоні фіксуються тільки від'ємні аномалії приземної температури повітря. Найбільше падіння температури фіксується в районі станції Восток наприкінці зими на початку весни (жовтень-листопад) – $-2,1$ та $-2,4$ C відповідно. Хоча на станції Амундсен-Скотт також фіксуються від'ємні аномалії приземної температури повітря в це десятиріччя, але їх

величина дещо менша. Найбільші від'ємні тренди фіксуються на цій станції у вересні (-1,1 С) та грудні (-1,4 С), що може бути пояснене її географічним положенням. Друге десятиріччя (2001-2010рр.) характеризується повною перебудовою термічного режиму. Від'ємні аномалії приземної температури повітря в дослідженому регіоні фіксуються наприкінці зими та навесні. Найбільше зниження температури характерне для зимового періоду: Восток – -0,7 С (серпень), Амундсен-Скотт – -1,1 С (червень). Додатні аномалії на станції Восток фіксуються з січня по липень і коливаються в межах від 0,7 С (січень) до 2,0 С (травень), а для станції Амундсен-Скотт – з грудня (0,1 С) по травень (1,1 С). Розподіл аномалій третього десятиріччя (2011-2020рр.) характеризується зростанням приземної температури повітря протягом більшості місяців року. Від'ємні аномалії на станції Восток фіксуються тільки восени – лютий-березень (-0,6 та -0,7 С відповідно) та всередині зими – червень-липень (-1,0 та -0,2 С відповідно). Решта місяців року представлена додатними аномаліями, які досягають максимальних значень навесні. На станції Амундсен-Скотт в це десятиріччя спостерігаються виключно додатні аномалії. Виняток становить вересень-місяць (-0,1 С). Найбільші зростання фіксується навесні – жовтень-листопад – та на початку літа – грудень.

Проведені дослідження метеорологічного режиму внутрішньоматерикової високогірної зони дозволяють стверджувати, що в останнє десятиріччя (2011-2020рр.) в досліджуваному регіоні спостерігається зростання приземної температури повітря в протягом більшості місяців року. Найбільш теплішими стали весняні місяці. Величина зростання приземної температури на станції Амундсен-Скотт майже в два рази перевищує величину зростання приземної температури на станції Восток. Що може бути пояснене географічним розташуванням станцій.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 King Matt A., Kewei Lyu, and Xuebin Zhang. Climate variability a key driver of recent Antarctic ice-mass change. *Nature Geoscience*. 2023. P 1-8.
- 2 Favier Vincent, et al. Antarctica-regional climate and surface mass budget. *Current Climate Change Reports* 3. 2017. P. 303-315.
- 3 Мартазінова В.Ф.; Клок С.В. Сучасний та майбутній стан середньорічної температури повітря північної частини Антарктичного півострова західного сектора Антарктиди. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2012. № 263. С. 5-16.
- 4 Прокоф'єв О.М. Взаємний спектральний аналіз глобальних кліматичних індексів та приземної температури повітря станцій Антарктиди. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 6. С. 93-101.
- 5 Прокоф'єв О.М. Використання взаємного спектрального аналізу для оцінки взаємозв'язку вологовмісту та приземної температури антарктичного повітря. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2014. № 724. С. 95-99.
- 6 Данова Т.Є. Основи гляціології та моніторинг кріосфери: Навчальний посібник. Одеса: ТЕС. 2014. 118с.
- 7 Данова Т.Є. Конспект лекцій з дисципліни „Полярна та морська метеорологія”. 2006. 84с.
- 8 Воциліна Д. С., Прокоф'єв О. М./ Динаміка приземної температури повітря на станції Новолазарівська/ Матеріали X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. – Переяслав-Хмельницький, 2018 р. – 226 с.
- 9 Воциліна Д. С., Прокоф'єв О. М./ Дослідження аномалій приземної температури повітря на станції Новолазарівська/ Сучасний рух науки: тези

доп. IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 6-7 грудня 2018 р. – Дніпро, 2018. – 1602 с.

10 Воциліна Д. С., Прокоф'єв О. М. /Дослідження багаторічних змін приземної температури повітря на станції Новолазарівська /POLISH SCIENCE JOURNAL (ISSUE 13, 2019) - Warsaw: Sp. z o. o. "iScience", 2019. Part 1 – 164 p.

11 Воциліна Д. С., Прокоф'єв О. М. / Взаємний спектральний аналіз приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди та індексу Ель-Ніньйо/ The 3 rd International scientific and practical conference “Dynamics of the development of world science” (November 20-22, 2019) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2019. 676 p.

12 Гончарова Л.Д., Школьнік Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2006. – 458 с.