

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: Особливості температурного режиму Антарктичного континенту

Виконала студентка 2 курсу групи МЗМ-22
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма
«Метеорологія і кліматологія»
Чешкова Ірина Андріївна

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Галич Єлизавета Анатоліївна

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Кирнасівська Наталія Василівна

Одеса 2023

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

студентці Чешковій Ірині Андріївні
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Особливості температурного режиму Антарктичного континенту

Керівник роботи Галич Єлизавета Анатоліївна, 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 Середньомісячні значення приземної температури повітря на антарктичних станціях Ротера, Сьова, Кейси та Мак-Мердо за період з 1960-2023 р.р.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідити багаторічну динаміку температурного режиму на антарктичних станціях. Статистичний аналіз часових рядів температури приземної повітря. Визначити приховані періодичності в часових рядах температури повітря та провести процедуру згладжування.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень) Графіки багаторічних коливань температури повітря.

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	Огляд літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи.	23.10.2023 р.	75	добре
2	Збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи бакалавра.	23.10-30.10.2023 р.	80	добре
3	Обробка даних за допомогою графічно-розрахункового пакету «EXCEL».	30.10-5.11.2023 р.	85	добре
4	Розрахунок середньомісячних температур повітря Статистичний аналіз часових рядів температур повітря. Дослідити динаміку температур повітря на станціях Антарктиди.	6.11-10.11.2023 р.	85	добре
5	Визначити приховані періодичності в часових рядах температури повітря та провести процедуру згладжування.	10.11-12.11.2023 р.	80	добре
6	Аналіз отриманих результатів.	10.11-12.11.2023 р.	75	добре
7	Рубіжна атестація	13-17.11.2023 р.	75	добре
8	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	29.11.2023 р.	80	добре
9	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	30.11-02.12.2023р	-	-
10	Підготовка презентаційного матеріалу	02-07.12.2023	80	добре
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	80	добре

Студентка Чешкова І.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Галич Є.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема: «Особливості температурного режиму Антарктичного континенту»

Автор: Чешкова Ірина Андріївна.

Актуальність: Дослідження метеорологічного режиму Антарктиди та його динаміки в світлі сучасних кліматичних змін, починаючи з середини минулого століття, проводяться вченими багатьох країн під егідою Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО).

Метою даної роботи є дослідження особливостей статистичної структури та багаторічної динаміки приземної температури повітря на станціях Антарктиди.

Задачі, які були розв'язані відповідно до поставленої мети полягали у наступному:

провести статистичний аналіз приземних температури повітря.

дослідити динаміку температурного режиму.

визначити приховані періодичності в часових рядах температури повітря та провести процедуру їх згладжування.

Об'єкт дослідження – температурний режим Антарктиди.

Предмет дослідження – середньомісячні значення приземної температури повітря на антарктичних станціях.

Методи дослідження – фізико-статистичний та кліматичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у дослідженні динаміки кліматичних показників приземної температури повітря за даними багаторічних спостережень.

Практичне значення отриманих результатів. Розраховані статистичні характеристики температури повітря та динаміка температурного режиму можуть бути використані у вирішенні багатьох прикладних задач, а також при розробці фізико-статистичних моделей довгострокових прогнозів погоди для Південної полярної області.

Магістерська робота в обсязі 58 сторінки складається зі вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань з 14 джерел, а також містить 21 рисунок та 7 таблиць.

Ключові слова: приземна температура повітря, максимальні температури, мінімальні температури, статистичні оцінки, динаміка часових рядів температури, тренди, періодичності.

ANNOTATION

Theme of the master's qualification work: "Features of the temperature regime of the Antarctic continent"

Author: Cheshkova Iryna Andriivna.

Relevance: Studies of the meteorological regime of Antarctica and its dynamics in the light of modern climate changes, starting from the middle of the last century, have been conducted by scientists from many countries under the auspices of the World Meteorological Organization (WMO).

The purpose of this work is to study the peculiarities of the statistical structure and long-term dynamics of surface air temperature at stations in Antarctica.

The tasks that were solved in accordance with the set goal were as follows:

- conduct a statistical analysis of surface air temperatures.
- investigate the dynamics of the temperature regime.
- determine hidden periodicities in air temperature time series and carry out the procedure of their smoothing.

The object of research is the temperature regime of Antarctica.

The subject of the study is the average monthly values of surface air temperature at Antarctic stations.

The research methods are physical-statistical and climatic analysis.

The scientific novelty of the obtained results lies in the study of the dynamics of climatic indicators of surface air temperature based on the data of long-term observations.

Practical significance of the obtained results. The calculated statistical characteristics of the air temperature and the dynamics of the temperature regime can be used in solving many applied problems, as well as in the development of physical and statistical models of long-term weather forecasts for the South Polar region.

The 58-page master's thesis consists of an introduction, 3 chapters, conclusions, a list of references from 14 sources, and also contains 21 figures and 7 tables.

Keywords: surface air temperature, maximum temperatures, minimum temperatures, statistical estimates, dynamics of temperature time series, trends, periodicities.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
 1 ОСОБЛИВОСТІ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ І КЛІМАТУ АНТАРКТИДИ.....	 9
1.1 Загальні особливості атмосферних процесів. Центри дії атмосфери.....	 9
1.2 Кліматичні зміни Південної полярної області.....	15
1.3 Сучасний регіональний клімат Антарктичного півострова.....	19
2 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ.....	 21
2.1 Характеристика вихідної інформації.....	21
2.2 Алгоритм дослідження статистичної структури.....	23
2.3 Статистичний аналіз часових рядів температури повітря.....	25
3 ДИНАМІКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ АНТАРКТИЧНОГО КОНТИНЕНТУ.....	 38
3.1 Динаміка приземної температури повітря.....	38
3.2 Приховані періодичності в часових рядах температури повітря..	44
3.3 Особливості структури згладжених рядів температури повітря	47
 ВИСНОВКИ.....	 54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57

ВСТУП

Кліматичні зміни, які відбуваються протягом минулого століття, були стимулом до значного зростання зусиль фахівців у вивченні процесів взаємодії різних ланок кліматичної системи, особливо найбільш енергоємних з них - атмосфери та океану. Незважаючи на значні успіхи, досягнуті світовим гідрометеорологічним науковим співтовариством, залишається ще багато нез'ясованих питань щодо особливостей структури великомасштабних циркуляційних атмосферних процесів, і чинників що їх визначають. Особливо це відноситься до Південної півкулі, більша частина якої охоплена Південним океаном і в якій розташовується найбільш значний за площею «холодильник» - Антарктида.

Дослідження гідрометеорологічного режиму Антарктиди і її впливу на циркуляційні атмосферні процеси, починаючи з середини минулого століття, проводяться вченими багатьох країн під егідою Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО). У ці дослідження активно підключилися і українські вчені, після того як Україна отримала у володіння антарктичну науково-дослідницьку станцію Академік Вернадський, яка розташовується в районі Антарктичного півострова.

У Резолюції Міжнародної конференції «Україна в Антарктиці – національні пріоритети та глобальна інтеграція (Київ, 23-25 травня 2008 р.)» вказується, що «...наукові дослідження в Антарктичному регіоні є серед головних пріоритетів світової науки... Продемонстрований на Конференції науковий потенціал українських дослідників та запропоновані учасниками з різних країн напрямки міжнародної кооперації, дозволяють з оптимізмом дивитися на перспективу участі України у майбутніх антарктичних дослідженнях».

Метою даної кваліфікаційної роботи є комплексне дослідження особливостей температурного режиму Антарктичного континенту, який відбивається на циркуляційних атмосферних процесах.

Актуальність теми проведеного дослідження визначається необхідністю постійного моніторингу метеорологічного режиму Південної полярної області, де розташована Українська антарктична станція «Академік Вернадський», та його динаміки в світі сучасних кліматичних змін.

Предмет дослідження – середньомісячні значення приземної температури повітря.

Об'єкт дослідження – температурний режим Антарктичного континенту.

Основними задачами наукового дослідження є:

- побудувати та проаналізувати часові ряди температури повітря;
- провести статистичний аналіз приземних температури повітря;
- дослідити динаміку температурного режиму;
- визначити приховані періодичності в часових рядах температури повітря та провести процедуру їх згладжування.

В якості вихідних даних використані середньомісячні значення приземної температури повітря чотирьох станцій Антарктичного континенту, отримані з бази даних Британського антарктичного центру

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи можна зробити наступні висновки:

1. Проведений статистичний аналіз часових рядів приземної температури повітря на антарктичних станціях Ротера, Сьова, Кейсі та Мак-Мердо:

Як видно на станції Ротера, в середньому за рік найтеплішим місяцем на станції є січень, середня багаторічна температура досягає $1,3^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем на станції є липень та серпень з температурою $-10,0^{\circ}\text{C}$. Максимальна середньомісячна температура відмічалась в лютому $2,7^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – в липні $-20,5^{\circ}\text{C}$. Щодо значень середньоквадратичних відхилень середньомісячних температур повітря, то треба відмітити, що взимку вони мають найбільші значення і в липня досягають $4,14^{\circ}\text{C}$. Стосовно коефіцієнта асиметрії, треба відмітити, що впродовж всього року він має від'ємні значення, а значить крива розподілу має лівосторонню асиметрію відносно нормального розподілу. Коефіцієнт ексцесу навпаки, впродовж всього року, окрім січня, має додатні значення, тому крива розподілу є витягнутою відносно нормального розподілу.

На станції Сьова за період 1966-2023 р.р. в середньому за рік найтеплішим місяцем на станції є січень, середня багаторічна температура досягає $-0,7^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем на станції є серпень з температурою $-19,0^{\circ}\text{C}$. Максимальна середньомісячна температура відмічалась в січні $1,1^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – в вересні $-23,6^{\circ}\text{C}$. Значення середньоквадратичних відхилень середньомісячних температур повітря також взимку досягають найбільших значень, але найбільше в вересні і досягає $2,51^{\circ}\text{C}$. Стосовно коефіцієнта асиметрії, треба відмітити, що впродовж всього року він має, як додатні, так і від'ємні значення, а значить крива розподілу має правосторонню, або лівосторонню асиметрію відносно нормального розподілу. Коефіцієнт ексцесу також, впродовж року має, як додатні, так і від'ємні значення, тому крива розподілу є або витягнутою, або сплющеною відносно нормального розподілу.

На станції Кейсі за період 1959-2023 р.р. в середньому за рік найтеплішим місяцем на станції Кейсі є також січень, середня багаторічна температура досягає $-0,1^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем на станції є серпень з температурою $-15,0^{\circ}\text{C}$. Максимальна середньомісячна температура відмічалась в січні $1,8^{\circ}\text{C}$, а мінімальна

– в серпні $-22,3^{\circ}\text{C}$. Значення середньоквадратичних відхилень середньомісячних температур повітря також взимку досягають найбільших значень, і найбільше в липні $3,08^{\circ}\text{C}$. Стосовно коефіцієнта асиметрії, треба відмітити, що впродовж всього року він має, як додатні, так і від'ємні значення, а значить крива розподілу має або правосторонню, або лівосторонню асиметрію відносно нормального розподілу. Коефіцієнт ексцесу також, впродовж року має, як додатні, так і від'ємні значення, тому крива розподілу є або витягнутою, або є сплющеною відносно нормального розподілу.

На станції Мак-Мердо за період 1959-2023 р.р., в середньому за рік найтеплішим місяцем на станції є також січень, середня багаторічна температура досягає $-2,9^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем на станції є серпень з температурою $-26,2^{\circ}\text{C}$. Максимальна середньомісячна температура відмічалась в січні $0,9^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – в серпні $-35,8^{\circ}\text{C}$. Значення середньоквадратичних відхилень середньомісячних температур повітря також взимку досягають найбільших значень, і найбільше в серпні і досягає $3,53^{\circ}\text{C}$. Стосовно коефіцієнта асиметрії, треба відмітити, що впродовж всього року він також має, як додатні, так і від'ємні значення, а значить крива розподілу має або правосторонню, або лівосторонню асиметрію відносно нормального розподілу. Коефіцієнт ексцесу також, впродовж року має, як додатні, так і від'ємні значення, тому крива розподілу є або витягнутою, або є сплющеною відносно нормального розподілу.

Також для порівняльного аналізу по чотирьох станціях середніх багаторічних значень температури повітря визначено, що найтеплішою є станція Ротера, а найхолоднішою впродовж всього року – станція Мак-Мердо, яка розташована південніше за інші.

2. Досліджено динаміку приземної температури повітря за тридцятирічні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. на досліджуємих станціях. На станції Ротера відмічається підвищення багаторічної середньомісячної температури повітря: в період 1976-1990 рр. середнє значення досягало $-5,0^{\circ}\text{C}$, а 1991-2020 рр. збільшилося і досягло $-4,0^{\circ}\text{C}$. Багаторічні середньомісячні температури на станціях Сьова та Кейсі майже не змінюються з часом, порівнюючи тридцятирічні періоди. На станції Мак-Мердо також відмічається підвищення багаторічної середньомісячної температури повітря на один градус: в період 1961-1990 рр. середнє значення досягало $-17,2^{\circ}\text{C}$, а 1991-2020 рр. збільшилося до $-16,2^{\circ}\text{C}$.

3. Визначені приховані періодичності в часових рядах температури повітря за допомогою інтегрального перетворення Фур'є. Часовий ряд температури повітря на станції Ротера містить статистично значущу квазірічну періодичність, станції Сьова, Кейсі та Мак-Мердо також мають квазірічну періодичність та ще піврічні коливання з ймовірністю $p = 0.68$.

4. Для виявлення трендів та великомасштабних коливань провели процедуру згладжування часових рядів для станції Ротера, Сьова, Кейсі та Мак-Мердо з періодом 1 рік (12 точок). Одним із видів згладжування є ковзне осереднення. Аналіз згладженого часового ряду станції Ротера вказує на те, що у випадковому процесі, спостерігається квазічотирьохрічна періодичність, а також дворічні коливання. Також необхідно відмітити, що у часовому ряді спостерігається тренд збільшення амплітуди коливання температури повітря.

Згладжений часовий ряд середньомісячної температури повітря на станції Сьова має гармоніки з 2-5-річними періодами із змінною за часом амплітудою.

Аналіз згладженого часового ряду середньомісячної температури повітря на станції Кейсі вказує на те, що як і в часовому ряді спостерігається також 2-5-річні коливання. По піках амплітуд, які виділяються із загального рівня, виявляється ще й квазідесятирічне коливання.

Згладжений часовий ряд середньомісячної температури повітря на станції Мак-Мердо має гармоніки з 2-5-річними періодами із змінною за часом амплітудою. По піках амплітуд, які виділяються із загального рівня, виявляється ще й квазідесятирічне коливання.

Крім того, має місце добре виражені тренди у бік збільшення інтенсивності коливань на всіх станціях, що досліджуються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Климат полярных районов / [Под ред. С. Орвига; пер. с англ.]-Л.: Гидрометеиздат, 1973.- 443 с.
2. Метеорология южного полушария / [Под ред. Ч.У. Ньютона].- Л.: Гидрометеиздат, 1976.- 260 с.
3. Bromwich D.H. Global atmospheric responses to Antarctic forcing / Ann. Glaciol. Vol. 27. Pap. Int. Sump. Antarctic and Glob Change: Interact. and Impacts, Hobart, Tasmania, 13-18 july, 1997.- Cambridge, 1998.- P. 521-527.
4. Тимофеев В.Е. Организация метеорологических наблюдений и сравнительный анализ развития атмосферных процессов в 1996 году на антарктической станции Академик Вернадский / Бюл. УАЦ. - 1997. - Вып. 1. - С. 49 - 52.
5. Hobbs W.H. Characteristics of existing glaciers / W.H. Hobbs. - New York: Macmillan, 1911.- 301 p.
6. Meinardus W. Aufgaben und Probleme der meteorologischen Forschung in der Antarktis/ Geogr. Zeitschrift. Bd. 20.- 1914.-P. 18-34.
7. Артамонов Ю.В. Антарктический Полярный фронт в проливе Дрейка и западной части моря Скотия в феврале и апреле 1997 г / Ю.В. Артамонов, Н.П. Булгаков, В.А. Бибик и др. // Бюл. УАЦ.- 1997.- Вып. 1.- С. 110-116.
8. Артамонов Ю.В. Структура Антарктического, Полярного, Субантарктического фронтов в западной части моря Скотия в феврале и апреле 1998 г. / Ю.В. Артамонов, Н.П. Булгаков, В.А. Бибик и др. // Бюл. УАЦ.- 2000.- Вып. 3.-С. 52-65.
9. Милашенко Г.П. Карты повторяемости циклонов и антициклонов, траектории циклонов и распределение общей облачности по данным ИСЗ. Материалы по климату и циркуляции южного полушария / Г.П. Милашенко.- Л.: Гидрометеиздат, 1978. - Вып. I. - 63 с.
- 10.Мартазінової В.Ф., Тимофеев В.Е. Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в Северном и Южном полушарии и региональные

климатические особенности в Атлантико-Европейском секторе и районе Антарктического полуострова / Укр. антаркт. журн. – 2008. – №3 (80). – С. 17-37.

- 11.Мартазинова В.Ф., Тимофеев В.Е., Иванова Е.К. Роль изменения тропосферной циркуляции западного сектора антарктики в формировании климатических условий Антарктического полуострова / Наук. праці УкрНДГМІ.- 2009.- № 2. - С. 29-42.
- 12.Оцінка стану кліматичної системи Західної Антарктики (району Антарктичного півострова) у світлі мінливості циркуляційної тропосфери і низької стратосфери, термічних та динамічних характеристик Південного океану, а також динаміки зледеніння / [Звіт з НДР №71].- Одеса.: ТЕС, ОДЕКУ, 2004.- 219 с.
- 13.Atlas ECMWF ERA-40 / [Project Report Series].- 2003.- № 19.- P.157.
- 14.Школьный Є.П., Лоєва І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник.- К.: Міносвіти України, 1999. - С. 331 - 421.