

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий  
гідрометеорологічний інститут  
Кафедра метеорології та кліматології

**Кваліфікаційна робота магістра**

на тему: Багаторічна динаміка метеорологічного режиму  
Західної Антарктиди

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-1М  
Спеціальності 103 «Науки про Землю»  
Освітня програма  
«Метеорологія і кліматологія»  
Черній Наталія Костянтинівна

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

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

Одеса 2022

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.

“ 10 ” жовтня 2022 року

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

студенту(ці) Черній Наталії Костянтинівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Багаторічна динаміка метеорологічного режиму Західної Антарктиди

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

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

затверджені наказом ОДЕКУ від “30” вересня 2022 року № 166-С

2. Строк подання студентом роботи 17 листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Дослідження метеорологічного режиму Західної Антарктиди проводилося за даними, отриманими з сайту Британської Антарктичної служби. Вихідні дані представляють собою середньодобові значення приземної температури повітря за період з 1954 по 2008 рр. (на деяких станціях період спостережень зменшено у зв'язку з відсутністю даних).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Проаналізувати тенденції багаторічних змін приземної температури повітря досліджуваного регіону; визначити значущі періоди коливань температури повітря; визначити та проаналізувати трендові складові приземної температури повітря; розрахувати та проаналізувати амплітуди коливань температури повітря за десятирічні періоди; дослідити зв'язок між температурою повітря та глобальними кліматичними індексами за допомогою взаємного спектрального аналізу.

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

Графіки річного ходу приземної температури повітря; графіки міжрічної мінливості приземної температури повітря; гістограма і полігон значущих періодів коливань приземної температури повітря на станціях Західної Антарктиди; діаграми десятирічної зміни приземної температури повітря на станціях Західної Антарктиди; графіки статистичних оцінок взаємної спектральної щільності середньомісячної температури повітря та індексу SOI.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 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.	10.10.2022 р.	78	добре
2	Формування бази даних по приземній температурі повітря та індексу ЕПДК.	11.10.2022 р. - 14.10.2022 р.	72	задовільно
3	Розрахунок та аналіз статистичних характеристик приземної температури повітря.	15.10.2022 р. - 22.10.2022 р.	80	добре
4	Розрахунок трендової складової приземної температури повітря та аналіз особливостей багаторічних змін приземної температури повітря.	23.10.2022 р. - 02.11.2022 р.	70	добре
5	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>01.11.2022 р. - 05.11.2022 р.</b>	<b>75</b>	<b>добре</b>
6	Розрахунок амплітуди коливань приземної температури повітря, аналіз їх динаміки.	03.11.2022 р. - 07.11.2022 р.	80	добре
7	Дослідження та аналіз глобальних статистичних взаємозв'язків між середньомісячними значеннями приземної температури повітря та індексу SOI за допомогою взаємного спектрального аналізу.	08.11.2022 р. - 16.11.2022 р.	70	задовільно
8	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	17.11.2022 р.	75	задовільно
9	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	18-20.11.2022	-	-
10	Підготовка презентаційного матеріалу.	-	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>	-	<b>75</b>	<b>добре</b>

Студент \_\_\_\_\_ Черній Н.К.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Прокоф'єв О.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Тема магістерської кваліфікаційно роботи** "Багаторічна динаміка метеорологічного режиму Західної Антарктиди"

**Автор:** Черній Наталія Костянтинівна

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

**Мета дослідження** – дослідження динаміки метеорологічного режиму на станціях Західної Антарктиди та її зв'язку з глобальними кліматичними індексами.

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

- розрахування статистичних характеристик приземної температури повітря у Західній Антарктиді;
- аналіз динаміки приземної температури повітря у Західній Антарктиді;
- визначення кореляційного зв'язку між SOI та приземною температурою повітря.

**Об'єкт дослідження:** метеорологічний режим Західної Антарктиди.

**Предмет дослідження:** середньомісячні значення приземної температури повітря, отримані за допомогою радіозондування атмосфери на станціях Західної Антарктиди.

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

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей метеорологічного режиму Західної 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 72 сторінок складається з вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань з 11 джерел і містить 33 рисунки та 12 таблиць.

**Перелік ключових слів:** приземна температура повітря, Західна Антарктида, аномалії, SOI, взаємний спектральний аналіз.

## ANNOTATION

**Theme of the master's qualification work** "Long-term dynamics of the meteorological regime of Western Antarctica"

**Author:** Cherney Nataliya

**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** – analysis of the dynamics of the meteorological regime at stations in Western Antarctica and its connection with global climate indices.

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

- calculation of statistical characteristics of surface air temperature in Western Antarctica;

- analysis of surface air temperature dynamics in Western Antarctica;

- determining the correlation between SOI and surface air temperature.

**Object of study:** meteorological regime of Western Antarctica.

**Subject of study:** average monthly values of the surface air temperature, obtained with the help of radio sounding of the atmosphere at stations in Western Antarctica.

**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 Western 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 72 pages consists of an introduction, 3 chapters, a list of references from 11 sources and contains 33 figures and 12 tables.

**List of keywords:** surface air temperature, Western Antarctica, anomalies, SOI, mutual spectral analysis.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ТА КЛІМАТ АНТАРКТИДИ .....	8
1.1 Фізико-географічна характеристика досліджуваної території.....	8
1.2 Водяні простори Антарктики і Субантарктики .....	16
1.3 Температура повітря та підстильної поверхні Антарктиди .....	18
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМІЧНОГО РЕЖИМУ ЗАХІДНОЇ АНТАРКТИДИ.....	28
2.1 Характеристика вихідної інформації.....	28
2.2 Багаторічні зміни приземної температури станцій Західної Антарктиди .....	29
2.3 Порівняльний аналіз температурних характеристик станцій Західної Антарктиди.....	37
2.4 Десятирічні зміни приземної температури повітря станцій Західної Антарктиди.....	43
2.4.1 Берегова зона Антарктиди .....	44
2.4.2 Зона шельфового льоду.....	45
3 ЗВ'ЯЗОК ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА СТАНЦІЯХ ЗАХІДНОЇ АНТАРКТИДИ З ІНДЕКСОМ SOI .....	50
3.1 Взаємний спектральний аналіз двох випадкових процесів.....	50
3.2 Взаємний спектральний аналіз між приземною температурою повітря станцій Антарктиди та SOI.....	56
3.3 Взаємозв'язок середньомісячних значень температури повітря на станціях Антарктиди та SOI.....	66
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72

## ВСТУП

В кваліфікаційній роботі магістра на тему: «Багаторічна динаміка метеорологічного режиму Західної Антарктиди» надається загальна характеристика температурного режиму прибережних станцій Західної Антарктиди, а також проводиться дослідження взаємозв'язку середньомісячних значень температури повітря на станціях Західної Антарктиди та SOI.

У наш час вивчення полярних районів набуває величезного значення, ймовірно, що метеорологія і кліматологія саме полярних районів допоможуть зрозуміти механізм зміни клімату на нашій планеті.

Кліматичні зміни в значній мірі впливають на стан природного середовища, суспільства і економіки. В даний час в різних країнах розробляються таблиці індикаторів, які можуть бути використані для відстеження (моніторингу) кліматичних змін на території країни і віддзеркалення впливу цих змін на навколишнє середовище, більш того, у ряді країн вже розроблені документи, що містять індикатори стійкого розвитку держави, що включають і індикатори кліматичної мінливості.

Значення глобальних кліматичних індексів розраховуються по певним методикам і їх значення (історичні і оперативні) представлені на WEB сайтах провідних світових кліматичних центрів.

Індекс, який використовується в роботі – SOI є стандартизованою різницею нормалізованих середньомісячних аномалій тиску на станціях Таїті і Дарвін. Він використовується для ідентифікації явища ЕПДК.

В якості матеріалу дослідження для кваліфікаційної роботи магістра послужили багаторічні середньомісячні значення приземної температури повітря берегових станцій Західної Антарктиди. Оскільки метою роботи є дослідження і аналіз багаторічної динаміки метеорологічного режиму Антарктичного узбережжя, то для дослідження були використані всі доступні

дані по всіх існуючих або коли-небудь існуючих станціях, які проводили на Антарктичному материку виміри метеорологічних величин.

В роботі були застосовані наступні методики: – аналіз тенденцій багаторічних змін, розрахунок статистичних характеристик, – визначення значущих періодів коливань приземної температури повітря; аналіз середніх десятилітніх значень температури повітря, а також взаємний спектральний аналіз середньомісячних значень приземної температури повітря та SOI.



## ВИСНОВКИ

В якості матеріал дослідження послужили багаторічні середньомісячні значення приземної температури повітря берегових станцій Західної Антарктиди. Оскільки метою роботи є дослідження і аналіз багаторічної динаміки метеорологічного режиму Антарктиди, то для дослідження були використані всі доступні дані по всіх існуючих або коли-небудь існувавших станціях, які проводили на Антарктичному материка виміри метеорологічних величин.

В роботі були застосовані наступні методики: – аналіз тенденцій багаторічних змін, розрахунок статистичних характеристик, – визначення значущих періодів коливань приземної температури повітря, аналіз середніх десятилітніх значень температури повітря, а також взаємний спектральний аналіз приземної температури повітря та SOI.

- По всьому дослідженому регіону можна виділити періоди стійкого зростання і падіння температури повітря:
- Максимальні зміни приземної температури повітря характерні для Західної Антарктиди. Найбільш яскраво цей процес виражений в період антарктичної зими (липень –  $3,0^{\circ}\text{C}$ , серпень –  $4,3^{\circ}\text{C}$ , вересень –  $3,1^{\circ}\text{C}$  та жовтень –  $2,5^{\circ}\text{C}$ ), у всі інші місяці приземна температура має додатні значення трендів, крім квітня ( $-0,6^{\circ}\text{C}$ ).
- Для досліджуваних станцій Західної Антарктиди найбільш часто зустрічаються коливання з 2 і 7 річним періодом.
- Тенденції, розраховані для станцій Західної Антарктиди, свідчать про плямистість в розподілі зростання і зменшення температури на узбережжі.
- Зростання температури повітря спостерігається в зонах відкритих вітрам, які знаходяться під впливом різних гілок переміщення циклонів; так

станція Neumaier, на якій відмічаються додатні значення трендів знаходиться під впливом Південно-Африканської та Південно-Американської гілок циклонів, станції Russkaya та McMurdo – під впливом Ново-Зеландської гілки.

- Що стосується зменшення температури повітря, то всі станції, на яких фіксується така тенденція, знаходяться в зоні шельфового льоду (Halley, Belgrano 2)
- Самі значні зміни протягом досліджених періодів років відбуваються в перехідні періоди року, також практично на всіх досліджених станціях 1960-1969рр., а також 1990-1999рр. відмічається зменшення приземної температури повітря.
- На всіх досліджених станціях спостерігається збільшення річної амплітуди приземної температури повітря в широтному напрямку від станцій. Крім того, можна відмітити, що між десятиріччями 1980-1989 та 1990-1999рр. спостерігається максимальне збільшення  $\Delta A$ , що свідчить про зменшенні на цю величину річної амплітуди в десятиріччя 1990-1999рр.
- В січні, на всіх західних станціях спостерігається зростання приземної температури повітря. В липні – центральному місяці зими практично на всіх станціях фіксується зростання приземної температури повітря с максимумом на станції Molodeznaja на  $2,6^{\circ}\text{C}$ .
- Взаємний спектральний аналіз показав, що по всіх досліджених станціях для середньомісячних значень температури повітря характерні піврічні та річні коливання, причому, домінуючими являються річні коливання.
- Для SOI характерні також піврічні, річні, квазітрьохрічні та чотирнадцятирічні коливання, однак домінуючими являються квазічотирьохрічні коливання.
- Для сезонних гармонік від 3 до 5,3 місяців спостерігається випередження процесу Y (який характеризує зміни SOI) по відношенню до процесу X

(зміни приземної температури повітря). Для цих гармонік виявлене випередження на величину практично рівною тривалості коливання – від 2,5 до 5,0 місяців.

- Що стосується до випередженням процесу  $X$  по відношенню до процесу  $Y$ , то тут треба визначити коливання з періодом 256 місяців (21,3 року – квазідвадцятидвохрічні), який відповідає тривалості двох циклів сонячної активності. В нашому випадку квазідвадцятидвохрічні періодичність свідчить про вплив Сонця як на приземну температуру повітря на станціях Антарктиди, так й на тиск на станціях Таїті і Дарвін з запізнюванням на 4,2 роки.

Таким чином, взаємний спектральний аналіз дав можливість визначити тісний кореляційний зв'язок між періодичними складовими в часових рядах SOI та приземної температури повітря на досліджених станціях Західної Антарктиди  $\gamma(\omega) \geq 0,90$ .

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Климатический режим Арктики на рубеже XX и XXI вв. Под ред. Крутский Б.А. С.-Петербург, Гидрометеиздат, 1991. – 200с.
2. Енциклопедія «Кругозір». Розділи Арктика та Антарктика. К.; 2013. – С 56-124.
3. Русин Н.П. Метеорологический и радиационный режим Антарктиды. Л.; Гидрометеиздат, 1961. – 448с.
4. Климат полярных районов. Под ред. Орвиг С. Л.; Гидрометеиздат, 1973. – 444с.
5. Зотиков І.А. Тепловий режим льодовикового покриву Антарктиди. К.; 2006. – 525с.
6. Астапенко П.Д. Атмосферные процессы в высоких широтах южного полушария. М., Изд-во АН СССР, 1960. – 298 с.
7. Материалы по климату и циркуляции свободной атмосферы над странами южного полушария. Под ред. И.Г.Гутермана и А.В.Воскресенского. М., Гидрометеиздат, 1976. – 218 с.
8. Лисенко Я. В., Прокофьев О.М. Статистический анализ приземной температуры воздуха прибрежных станций Антарктиды / Тези доповідей конференції молодих вчених ОДЕКУ, 12-13 травня 2009р., м. Одеса. С. 124-125.
9. Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. «Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації». – Одеса: 1999р.–600с.
10. <http://data.oceaninfo.ru>.
11. Гавриленя К.Л., Лисенко Я. В. Кореляційний зв'язок приземної температури повітря Антарктиди з кліматичними індексами // Тези доповідей конференції молодих вчених 14 травня 2010р. – Одеса, ОДЕКУ 2010. С. 25-26.