

## ДИНАМІКА ТЕРМІЧНОГО РЕЖИМУ В РАЙОНІ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ БЕЛЛІНСГАУЗЕН

*О. М. Прокоф'єв, к.геогр.н., доц., В. А. Чернишов, асп.*

*Кафедра метеорології та кліматології*

[leggg0707@gmail.com](mailto:leggg0707@gmail.com)

**Вступ.** Антарктида є одним із найменш досліджених і водночас критично важливих регіонів планети, який суттєво впливає на глобальну кліматичну систему. У сучасних умовах, коли кліматичні зміни стають дедалі помітнішими, вивчення динаміки термічного режиму в Антарктиці набуває особливого значення. Станція Беллінсгаузен, розташована на острові Кінг-Джордж в архіпелазі Південних Шетландських островів, є важливим осередком досліджень у цій галузі.

Цей район вирізняється унікальними кліматичними умовами, зокрема різкими змінами температури та її сезонною варіативністю. Термічний режим тут формується під впливом як глобальних факторів, таких як циркуляція атмосфери і океану, так і локальних характеристик, включаючи географічне положення, рельєф та вплив океанських течій. Аналіз температурних змін у цьому регіоні дозволяє не лише зрозуміти локальні кліматичні процеси, але й спрогнозувати наслідки змін для Антарктичного півострова і прилеглих територій.

Дослідження термічного режиму в районі станції Беллінсгаузен є важливим для моніторингу змін у крижаному покриві, біологічних процесах та їхнього впливу на глобальну екосистему. У даній роботі ми зосередимо увагу на аналізі особливостей термічного режиму цього району та його динаміки в умовах сучасного кліматичного виклику.

**Матеріали та методи.** В якості вихідного матеріалу для дослідження використовувались середньомісячні значення приземної температури повітря, отримані на антарктичній станції Беллінсгаузен за 00 UTC за період останньої кліматичної норми (тобто з 1990 по 2020 рр.). Вихідні дані отримані з бази даних Британської Антарктичної служби (<https://www.bas.ac.uk>).

Дослідження багаторічної динаміки термічного режиму досліджуваного регіону проводилося з використанням фізико-статистичного та кліматичного аналізів.

**Результати та їх аналіз.** Відомо, що клімат будь-якого місця як правило визначається статистичними показниками. Ці показники мають бути обчислені на підставі довгих рядів спостережень метеорологічних величин, які характеризують режим погоди в даному регіоні [1]. Використовуючи часові ряди середньомісячних значень приземної температури повітря розраховані статистичні характеристики приземної температури повітря станції Беллінсгаузен для всіх місяців року (табл. 1).

Таблиця 1 – Статистичні характеристики приземної температури повітря станції Беллінсгаузен

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
$t_{\text{сер}}$	1.6	1.6	0.5	-1.4	-3.0	-5.1	-6.0	-5.7	-4.3	-2.6	-1.1	0.3	-2.1
min	0.1	-0.1	-0.9	-4.2	-8.8	-9.4	-13.1	-11.3	-8.0	-5.9	-2.5	-1.4	-3.4
max	2.8	2.5	2.6	0.9	-0.8	-1.2	-3.1	-2.1	-1.3	-0.8	0.3	1.8	-1.1
$S_x$	0.71	0.78	0.83	1.33	1.73	2.18	2.65	1.88	1.71	1.18	0.76	0.72	0.69
$A_s$	-0.20	-0.70	-0.12	-0.44	-1.89	-0.23	-1.22	-0.89	-0.34	-1.24	-0.32	-0.71	-0.35
$E$	-0.41	-0.79	0.16	-0.01	4.24	-0.84	0.87	1.45	-0.28	2.12	-1.01	1.00	-1.09

Аналіз таблиці 1 дозволяє стверджувати, що на станції Беллінсгаузен спостерігається яскраво виражений річний хід температури, мінімальні значення спостерігаються в період антарктичної зими, досягаючи найменших значень в липні та серпні (-6.0 та -5.7 С відповідно). Максимальні значення припадають на літньо-осінній період – січень-лютий (1.6 С). річна амплітуда середньорічних значень температури невелика і складає 7.6 С, що пояснюється географічним розташуванням станції та її віддаленістю від антарктичного плато. Розподіл мінімальних та максимальних середньомісячних температур на станції Беллінсгаузен у цілому повторює розподіл середніх температур.

Річний хід середньоквадратичних відхилів має чітко виражений максимум (2.65 С) в липні та мінімум (0.71 С) в січні. Зростання значень середньоквадратичних відхилів в зимову пору року може бути пояснене відсутністю сонячної радіації та переважанням адвективного характеру погоди в цей період року.

Коефіцієнт асиметрії на станції Беллінсгаузен від’ємний для усіх місяців року, що може свідчити про зростання приземної температури повітря в досліджуваному регіоні.

Звертаючись до аналізу коефіцієнтів ексцесу в табл. 1, відзначимо плямистість у його розподілі протягом різних місяців року: в січні, лютому, березні, червні, вересні та листопаді коефіцієнт ексцесу від’ємний (крива розподілу сплюснута, температури змінюється в широкому діапазоні), а в решту місяців року – додатний (крива розподілу витягнута, температури змінюється у вузькому діапазоні).

Узагальнюючи вищезазначене, можна стверджувати про суттєву відмінність процесу змін клімату в районі дослідження від нормального та його не стаціонарність [2].

Наступний етап дослідження – пошук трендової складової. Для цього всі вихідні данні були проаналізовані з метою виявлення прихованих періодичностей. Пошук статистично значущих періодичностей проводився за допомогою швидкого перетворення Фур’є з ймовірністю 68% (табл. 2).

Для більшості місяців року характерні коливання з періодом 2 роки. В літній період також спостерігаються коливання з періодом 3 і 4 року.

Таблиця 2 – Значущі періоди коливань (рік) приземної температури повітря на станції Беллінсгаузен

Місяць року	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
період	3.0	4.0	3.0	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0

За даними значень приземної температури повітря були побудовані графіки міжрічної її мінливості. Результати аналізу прихованих періодичностей використовувались при згладжуванні осереднених рядів приземної температури повітря [2]. На основі згладженого ряду побудовано лінійний тренд, який показує напрямок та величину змін приземної температури повітря на станції Беллінсгаузен за досліджуваній 30-річний період (1991-2020рр.). В таблиці 3 наведені результати розрахунків трендової складової приземної температури повітря. Жирним шрифтом та курсивом виділені найбільші від'ємні значення тренду, просто жирним шрифтом – найбільші додатні.

Аналіз табличного матеріалу показав, що для станції Беллінсгаузен фіксується тенденція до зростання приземної температури повітря в зимові місяці року (з травня по жовтень). При чому максимальний ріст температури припадає на липень-місяць – 2.4 С. Решту пору року (з листопада по лютий) на станції фіксується від'ємний тренд, найбільше зменшення температури фіксується в січні (-1.3 С).

Таблиця 3 – Значення трендової складової приземної температури повітря (°С) на станції Беллінсгаузен

Місяць року	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
тренд	<b>-1.3</b>	-1.0	0.2	<b>-1.2</b>	1.2	1.3	<b>2.4</b>	0.1	0.2	0.9	-0.3	-0.8	0.2

З метою встановлення характерних особливостей динаміки приземної температури повітря за останні 30 років (1991-2020 рр.) було прийняте рішення розрахувати та проаналізувати аномалії приземної температури повітря за десятирічні періоди. Результати розрахунків аномалій приземної температури повітря на станції Беллінсгаузен для всіх місяців року представлені в таблиці 4 (від'ємні значення виділені жирним шрифтом та підкреслені, а додатні – виділені жирним шрифтом).

На станції Беллінсгаузен за останні 30 років спостерігається повна перебудова термічного поля. В перше десятиріччя (1991-2000 рр.) від'ємні аномалії фіксуються переважно взимку (з травня по жовтень), досягаючи максимальних значень у вересні (-0.6 С). Решту місяців року спостерігаються невеликі додатні аномалії, які за величиною не перевищують 0.5 С. В березні аномалія температури дорівнює нулю. В цілому за рік аномалія температури складає 0.0 С.

Таблиця 3 – Динаміка аномалій середньомісячних значень приземної температури повітря за даними станції Беллінсгаузен (С)

Станції	$\bar{t}_{30}$	1991 – 2000		2001 – 2010		2011-2020	
		$\bar{t}_{10}$	$\bar{t}_{30} - \bar{t}_{10}$	$\bar{t}_{10}$	$\bar{t}_{30} - \bar{t}_{10}$	$\bar{t}_{10}$	$\bar{t}_{30} - \bar{t}_{10}$
Січень	1.6	2.0	<b>0.4</b>	1.6	0.0	1.1	<b>-0.5</b>
Лютий	1.6	1.8	<b>0.2</b>	1.6	<b>0.1</b>	1.3	<b>-0.3</b>
Березень	0.5	0.5	0.0	0.4	<b>-0.1</b>	0.6	<b>0.1</b>
Квітень	-1.4	-0.9	<b>0.5</b>	-1.7	<b>-0.3</b>	-1.7	<b>-0.3</b>
Травень	-3.0	-3.4	<b>-0.4</b>	-2.8	<b>0.2</b>	-2.7	<b>0.2</b>
Червень	-5.1	-5.1	<b>0.1</b>	-5.6	<b>-0.4</b>	-4.8	<b>0.3</b>
Липень	-6.0	-6.4	<b>-0.5</b>	-6.2	<b>-0.2</b>	-5.3	<b>0.7</b>
Серпень	-5.7	-6.1	<b>-0.4</b>	-5.0	<b>0.7</b>	-6.1	<b>-0.4</b>
Вересень	-4.3	-4.9	<b>-0.6</b>	-3.3	<b>1.0</b>	-4.7	<b>-0.4</b>
Жовтень	-2.6	-2.9	<b>-0.3</b>	-2.5	<b>0.2</b>	-2.5	<b>0.1</b>
Листопад	-1.1	-1.0	<b>0.1</b>	-1.0	0.0	-1.2	<b>-0.2</b>
Грудень	0.3	0.6	<b>0.3</b>	0.3	0.0	0.0	<b>-0.3</b>
середнє значення	-2.1	-2.2	0.0	-2.0	0.1	-2.2	-0.1

В друге десятиріччя (2001-2010рр.) картина дещо змінюється: від’ємні аномалії спостерігаються наприкінці осені – на початку зими (з березня по липень). Ці аномалії значно менші, ніж в перше десятиріччя. Решту частини року фіксуються додатні аномалії, які досягають максимуму у вересні (1.0 С). Наприкінці весни (листопад) та влітку (грудень-січень) аномалії дорівнюють нулю. В цілому за рік аномалія додатна і складає 0.1 С. Третє десятиріччя (2011-2020 рр.) характеризується найменшими темпами зростання температури. Додатні аномалії фіксуються в різні пори року, максимум припадає на липень (0.7 С). Від’ємні аномалії переважають у перехідні сезони та влітку. В цілому за рік аномалія складає -0.1 С.

**Висновки.** Проведене дослідження динаміки приземної температури повітря в районі антарктичної станції Беллінсгаузен дозволяє стверджувати про певні порушення стабільності термічного режиму регіону, а саме деякого похолодання в перехідні сезони та літо та потепління в зимові місяці. Так на станції Беллінсгаузен, яка знаходиться в прибережній кліматичній зоні, далеко від шельфових льодовиків та стокового вітру, в останнє десятиріччя фіксується зменшення середньомісячних значень приземної температури повітря.

#### Перелік посилань

1. Гончарова Л.Д., Школьнік Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2006. 458 с.
2. Prokofiev, O.M., Chernyshov V.A. Dynamics of the meteorological regime of the Antarctic peninsula using the example of the Antarctic station Bellingshausen In Modern aspects of natural science research in the context of sustainable development of society: Scientific monograph. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2023. P. 339-352.