

ДИНАМІКА МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВУ НА ПРИКЛАДІ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ BELLINGSHAUSEN

Прокоф'єв О. М., Чернишов В. А.

ВСТУП

В останні десятиріччя вчені багатьох країн звертають увагу громадськості на беззаперечний факт зміни клімату, який проявляється в нашому повсякденному житті. Глобальне підвищення температури, перерозподіл опадів, зрушення кліматичних поясів проявляється в усіх кочках нашої планети. Але найбільший прояв зміни клімату відчувається саме в полярних регіонах Землі. За останні роки є безліч робіт, які присвячені дослідженню різних проявів змін клімату, їх впливу на повсякденне життя людей та способам адаптації до кліматичних змін. Що стосується зміни клімату Антарктиди, то слід виділити роботи Кінг Метт А., Кевей Лю та Сюебін Чжан¹. Автори зазначають, що Антарктичний льодовий щит втратив масу за останні десятиліття. Це сприяло підвищенню рівня моря. Короткострокова мінливість маси льоду, на думку вчених, була частково пов'язана з Ель-Ніньо/Південним коливанням (ENSO).

Натомість Фав'є Вінсент² разом з колегами зазначає, що протягом двадцятого століття потепління та збільшення кількості опадів спостерігалось над Західним Антарктичним льодовиковим щитом і над Західним Антарктичним півостровом. Однак висока регіональна мінливість клімату переважає кліматичні зміни, пов'язані з людською діяльністю, що відображено в незначній нещодавній десятирічній тенденції похолодання над Антарктичним півостровом.

Серед українських вчених слід виділити Мартазінову В.Ф.³, яка присвятила безліч наукових праць результатам дослідження метеорологічного режиму та клімату району української антарктичної станції «Академік Вернадський». Авторами виявлені та типізовані переважаючі типи атмосферної циркуляції протягом усіх місяців року.

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.

Автор цього розділу також присвятив багато часу дослідженню термічного режиму Антарктиди та його зв'язку з глобальними кліматичними індексами⁴; дослідження вологовмісту і вологопереносу материка та їх зв'язку з температурою повітря⁵ тощо.

Незважаючи на все вище зазначене, сьогодні вкрай актуальними залишаються питання регіональних кліматичних змін Антарктиди та пов'язаними з ними питання стійкості антарктичного крижаного куполу.

Матеріали та методи. В якості вихідних даних при дослідженні використовувались середньомісячні значення приземної температури повітря, отримані на антарктичній станції Bellingshausen, яка розташована в районі Антарктичного півострову (табл. 1, рис 1). Вихідний матеріал відібрано на сайті Британської антарктичної служби. У таблиці 1 наведені характеристики станції: географічна широта, довгота та висота на рівнем моря.

Станція Bellingshausen розташована на півострові Файлдс в південно-західній частині субантарктичного острова Ватерлоо. Станція має незначну висоту над рівнем моря (16 м) та була побудована у 1968 році під керівництвом Олексія Трешнікова⁶.

На станції проводяться дослідження з геоморфології, гляціології, гідробіології, палеогеографії, геоботаніки, лімнології, орнітології, зоології, мікробіології, геодезії та картографії, мерзлотознавства, ґрунтознавства та екології. Цілорічна наукова програма на станції включає спостереження та дослідження з метеорології та океанології.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваної станції

№ з/п	Назва станції	Широта	Довгота	Висота над рівнем моря
1	Bellingshausen	62,2S	58,9 W	16m

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 Беллінсгаузен (антарктична станція) // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Беллінсгаузен_\(антарктична_станція\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Беллінсгаузен_(антарктична_станція)) (дата звернення 22.11.2023)

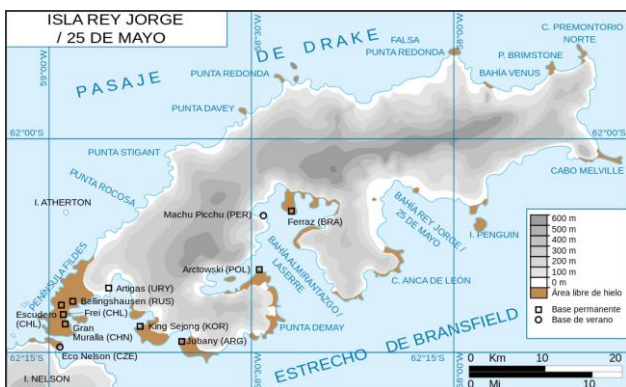


Рис. 1. Район дослідження

При виконанні дослідження використовувались стандартні статистичні методи та методи аналізу аномалій. Що стосується періоду спостережень, то для даного дослідження обрано період років в 1960 по 2020 рік включно.

1. Географічна характеристика району дослідження

Антарктичний півострів і прилеглі острови – найсприятливіше місце в Антарктиці для життєдіяльності. Середньомісячна температура найхолоднішого зимового місяця (серпень) – $-6,8^{\circ}\text{C}$, а найтеплішого (лютий) – $+1,1^{\circ}\text{C}$. Полярники часто називають станцію "Беллінсгаузен" – "курорт".

Гряда Південно-Шетландських островів, на яких розташована станція, витягнута з північного сходу на південний захід і відокремлюється від Антарктичного півострова протокою Брансфільд, а від Південної Америки протокою Дрейка. Архіпелаг складається з низки островів, найбільші з яких о. Десепшен, о. Смоленськ (Роберт), о. Лейпциг (Нельсон), Ватерлоо (Кінг-Джордж) – останній є найбільшим островом архіпелагу.

Протяжність острова Ватерлоо із північного заходу на південний схід 16 км, а з північного сходу на південний захід близько 50 км. Південно-східна частина острова сильно порізана, має кілька глибоких бухт і заток. Північно-західна частина острова згладжена, бухті відсутні. Підхід до цієї частини острова небезпечний через безліч підводних каменів. Більшість острова зайнята льодовиком, язика якого у багатьох місцях сповзають в океан. Вільні від льоду ділянки острова (оазиси) за характером рельєфу є дрібносопочником. Численні пагорби, складені вулканічними породами і сильно зруйновані часом та погодою, мають

численні кам'янисті осипи. Структура порід пухка та пориста. Є морські тераси, складені з морської гальки розміром переважно 5–7 см з домішкою зруйнованих наносних гірських порід (делювія). Висота окремих кам'янистих вершин на острові досягає 45–550 м, висота льодовикового купола близько 600 м. У складках рельєфу місцевості є багато озер, різних за розміром та глибиною. У зимовий період вода з деяких озер проходить за рахунок фільтрації через породи, що складають їхню основу. У літній період у низинах течуть струмки, багато річищ які є не постійні, а частина з них повністю пересихає із закінченням танення снігу. Від сусіднього острова Лейпциг Ватерлоо відділений вузькою протокою Файлдс, ширина якої доходить до 150 м. Протока рясніє підводним камінням і для проходу не використовується.

2. Статистичні характеристики приземної температури повітря на ст. Bellingshausen

Як уже зазначалося раніше, полярні райони є основним індикатором кліматичних змін. На початку нашого дослідження проведемо оцінку коливань приземної температури повітря на станції Bellingshausen. Для цього розрахуємо основні статистичні характеристики середньомісячних та середньорічних значень приземної температури повітря (табл. 2).

Таблиця 2

Статистичні характеристики приземної температури повітря ст. Bellingshausen

№ з/п	Місяць року	\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	Mo	Sx^2	Sx	As	E
1	Січень	1.4	0.0	2.7	1.0	0.45	0.67	0.09	-0.49
2	Лютий	1.4	-0.1	2.6	1.7	0.50	0.71	-0.50	-0.78
3	Березень	0.3	-2.3	2.4	0.7	0.71	0.84	-0.33	0.99
4	Квітень	-1.7	-4.8	0.7	-1.7	1.99	1.41	-0.72	-0.14
5	Травень	-3.4	-8.8	-0.8	-2.2	3.65	1.91	-1.08	0.54
6	Червень	-5.2	-10.0	-1.6	-7.1	4.41	2.10	-0.34	-0.63
7	Липень	-6.3	-13.7	-1.2	-6.3	8.62	2.94	-0.96	0.24
8	Серпень	-6.1	-11.8	-2.1	-10.9	5.28	2.30	-0.67	0.13
9	Вересень	-4.4	-7.9	-1.3	-3.5	3.13	1.77	-0.05	-0.57
10	Жовтень	-2.7	-6.0	-0.8	-2.8	1.28	1.13	-0.85	1.32
11	Листопад	-1.2	-3.0	0.4	-0.5	0.68	0.82	-0.34	-0.75
12	Грудень	0.2	-1.4	1.7	0.2	0.42	0.65	-0.60	0.51
13	Рік	-2.3	-4.0	-0.8	-2.8	0.65	0.80	-0.11	-0.73

Аналіз таблиці дозволяє виявити, що середньомісячна температура в районі дослідження змінюється у невеликих межах, від -6,3 С (взимку) до 1,4 С (влітку), при цьому середньорічне значення складає -2,3 С. Річний хід середніх, мінімальних і максимальних значень температури ідентичний, при чому максимальні середньомісячні значення приземної

температури не перевищують 3,0 С. Мода відрізняється від середнього значення для більшості місяців року, що може свідчити про відмінність процесу змін клімату в південних полярних широтах від нормального.

Дисперсія та середньоквадратичний відхил змінюються у широких межах. Мінімальні значення зазначених величин фіксуються в перехідні та літні періоди року, а максимальні – в зимовий період, що, безперечно, пов'язане з відсутністю сонячної радіації в зимовий період та переважанням адвективного режиму погоди.

За ступенем скошеності кривих розподілу, тобто по величині коефіцієнту A_s , в рядах приземної температури повітря станції Bellingshausen зазначимо, що протягом року переважає лівостороння сильна та помірна асиметрії. Це означає суттєву відмінність процесу змін клімату в південних полярних широтах від нормального та його нестационарність.

Звертаючись до аналізу коефіцієнтів ексцесу в табл. 2, слід зауважити, що протягом року з однаковою повторюваністю зустрічається як плосковершинний ($E < 0$) розподіл так і витягнутий ($E > 0$), тобто приземна температура повітря в деякі місяці року (січень, лютий, квітень, червень, вересень, листопад) змінюється у широкому діапазоні, а в деякі – у вузькому (березень, травень, липень, серпень, жовтень, грудень).

Враховуючи це, можна зробити висновок, що в досліджуваному районі спостерігаються різкі коливання температури, які характеризуються великими значеннями амплітуди та зменшенням періоду коливань.

3. Особливості багаторічних змін приземної температури повітря

Проаналізуємо багаторічні екстремальні (мінімальні, максимальні) та середні середньомісячні значення приземної температури повітря на станції Bellingshausen за дванадцять місяців та за рік (рис. 2). Аналіз рисунку 2 та таблиці 3 дозволяє стверджувати, що мінімальні значення приземної температури повітря спостерігаються в період антарктичної зими, максимальні – влітку. Найхолодніший місяць – липень (багаторічне середньомісячне значення приземної температури за цей місяць складає $-6,3^{\circ}\text{C}$), найтепліші – січень-лютий ($1,4^{\circ}\text{C}$). Як бачимо температурний режим на станції досить м'який, що пояснюється її географічним положенням.

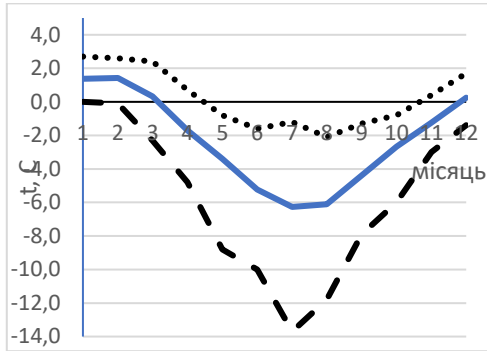


Рис. 2. Річний хід осереднених за період спостережень значень приземної температури повітря на ст. Bellingshausen

Всі данні були проаналізовані з метою виявлення прихованих періодичностей, яке проводилося за допомогою швидкого перетворення Фур'є з ймовірністю 68% (табл. 4).

Для приземної температури повітря станції Bellingshausen найбільш характерні коливання з періодом 2 і 3 року. Слід зазначити, що в деякі місяці року фіксуються квазісемирічні (вересень) та квазідев'ятирічні (березень, липень) коливання.

За даними значень приземної температури повітря були побудовані графіки. Результати аналізу прихованих періодичностей використовувались при згладжуванні осереднених рядів приземної температури повітря.

Таблиця 3

**Багаторічні значення приземної температури повітря (°C)
ст. Bellingshausen**

№ з/п	Місяць року	$X_{\text{ср.}}$	X_{min}	X_{max}
1	Січень	1.4	0.0	2.7
2	Лютий	1.4	-0.1	2.6
3	Березень	0.3	-2.3	2.4
4	Квітень	-1.7	-4.8	0.7
5	Травень	-3.4	-8.8	-0.8
6	Червень	-5.2	-10.0	-1.6
7	Липень	-6.3	-13.7	-1.2
8	Серпень	-6.1	-11.8	-2.1
9	Вересень	-4.4	-7.9	-1.3
10	Жовтень	-2.7	-6.0	-0.8
11	Листопад	-1.2	-3.0	0.4
12	Грудень	0.2	-1.4	1.7
13	Рік	-2.3	-4.0	-0.8

Таблиця 4

**Значущі періоди коливань (рік) приземної температури повітря
станції Bellingshausen**

періоди коливань												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
2,4	2,0	8,7	3,3	1,9	1,9	8,7	2,3	6,5	2,9	2,1	2,4	6,8

В таблиці 5 представлені характеристики трендової складової приземної температури повітря, жирним шрифтом виділені найбільші додатні значення тренду, а жирним шрифтом та курсивом – найбільші від’ємні.

Аналіз табличного матеріалу показав, що для більшості місяців року на станції Bellingshausen характерне зростання приземної температури повітря за досліджуваній період. Найбільші додатні тренди спостерігається в період антарктичної зими – травень (2,5 С), червень (2,0 С) та липень (2,3 С). Від’ємні значення тренду фіксуються тільки в літній період (грудень-січень) і не перевищують -0,4 С.

Таблиця 5

**Значення трендової складової приземної температури повітря
(°С) станції Bellingshausen**

значення тренду												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
-0,4	0,3	0,4	0,2	2,5	1,6	2,0	2,3	1,1	0,2	0,1	-0,2	0,9

Побудуємо гістограму трендової складової приземної температури повітря протягом року для станції Bellingshausen (рис. 3).

Аналіз рис. 3 дозволяє стверджувати, що для дослідженого регіону характерне зростання приземної температури повітря протягом більшості місяців року. Додатний тренд фіксується з початку осені (лютий, 0,3 С), досягає максимальних значень в період антарктичної зими (травень-липень, 2,5 та 2,3 С відповідно) та зменшується до 0,1 С в кінці весни (листопад). Невеликі від’ємні значення тренду приземної температури на станції Bellingshausen фіксуються виключно в літній період (грудень-січень, -0,2 та -0,4 С відповідно). В середньому за рік величина додатного тренду на станції Bellingshausen складає 0,9 С.

Проведене дослідження динаміки приземної температури повітря на станції Bellingshausen дозволяє стверджувати про певні порушення стабільності термічного режиму регіону, а саме незначного похолодання в літній період та більш вагомого потепління протягом решти місяців року.

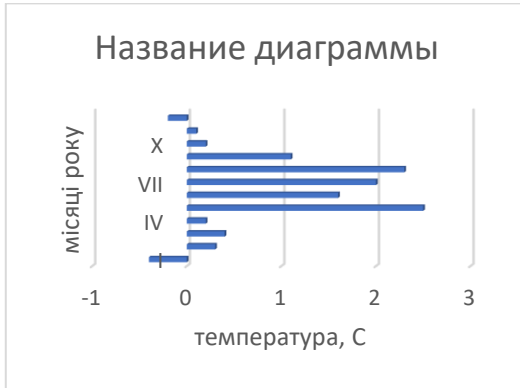


Рис. 3. Гістограма трендової складової приземної температури повітря станції Bellingshausen

4. Динаміка середньомісячних аномалій приземної температури повітря

Для встановлення характерних особливостей змін приземної температури повітря за останні 30 років було прийняте рішення розрахувати та проаналізувати аномалії температури повітря за десятирічні періоди з 1991 по 2020 рр.

Таким чином були сформовані три десятиріччя: 1) 1991–2000 рр., 2) 2001–2010рр., 3) 2011–2020рр. За данні періоди років аналізувалися:

- середнє значення температури повітря за тридцятирічний період \bar{t}_{30}
- з 1991 по 2020рр.,
- середнє значення приземної температури повітря за кожне десятиріччя \bar{t}_{10} ;
- аномалія приземної температури повітря, розрахована як різниця між $\bar{t}_{30} - \bar{t}_{10}$ для кожної станції.

В даному випадку аналізу підлягають відхилення середнього значення приземної температури повітря станції Bellingshausen для кожного місяця року за кожне десятиріччя від багаторічного середнього значення температури повітря для того ж місяця року.

Проведемо дослідження просторово-часових змін аномалій приземної температури повітря станції Bellingshausen за три десятиріччя. Результати розрахунків аномалій представлені таблиці 6 (від'ємні значення виділені жирним шрифтом та підкреслені, а додатні – виділені жирним шрифтом).

Аналіз табличного матеріалу показав, що в перше десятиріччя 1991–2000 рр. на станції Bellingshausen фіксуються виключно від'ємні

аномалії приземної температури повітря. І хоча від'ємні аномалії характерні для усіх місяців року, найбільше зниження температури фіксується в зимовий період – липень, серпень (-0,6 та -0,9 С відповідно). Решта місяців року представлена незначними від'ємними аномаліями (рис. 4). Середньорічне значення аномалій за цей період складає -0,6 С.

Друге десятиріччя (2001–2010рр.) характеризується значно перебудовою термічного режиму: від'ємні аномалії приземної температури повітря фіксуються лише влітку – грудень (-0,3 С) та січень (-0,2 С), а також напочатку зими – квітень-травень (-0,4 С). Додатні значення аномалій приземної температури повітря на станції Bellingshausen в друге десятиріччя фіксуються в осінній період – лютий–березень (0,3 та 0,1 С відповідно) та наприкінці весни – листопад (0,2 С). Слід зазначити, що більшу частину зимового періоду, а саме з липня по жовтень на станції Bellingshausen в зазначене десятиріччя фіксується нульовий тренд (рис. 5). Середньорічне значення аномалій для цього періоду також дорівнює нулю.

Таблиця 6

Зміна аномалій середньомісячних значень приземної температури повітря за даними станції Bellingshausen

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	1,4	1,3	-0,2	1,3	-0,2	1,4	0,0
Лютий	1,4	1,2	-0,2	1,7	<u>0,3</u>	1,5	<u>0,2</u>
Березень	0,3	0,2	-0,1	0,4	<u>0,1</u>	0,3	0,0
Квітень	-1,7	-1,8	-0,1	-2,1	-0,4	-1,3	<u>0,4</u>
Травень	-3,5	-4,1	-0,6	-3,9	-0,4	-2,5	1,0
Червень	-5,4	-5,7	-0,3	-5,1	<u>0,3</u>	-5,4	0,0
Липень	-6,3	-6,9	-0,6	-6,3	0,0	-5,7	<u>0,7</u>
Серпень	-5,9	-6,7	-0,9	-5,9	0,0	-5,0	<u>0,9</u>
Вересень	-4,4	-4,7	-0,3	-4,4	0,0	-3,8	<u>0,6</u>
Жовтень	-2,8	-3,1	-0,3	-2,8	<u>0,0</u>	-2,5	<u>0,3</u>
Листопад	-1,0	-1,4	-0,3	-0,9	<u>0,2</u>	-0,9	<u>0,1</u>
Грудень	0,6	0,5	-0,1	0,3	-0,3	0,7	0,2
середнє значення	1,1	0,5	-0,6	1,2	0,0	1,1	0,0

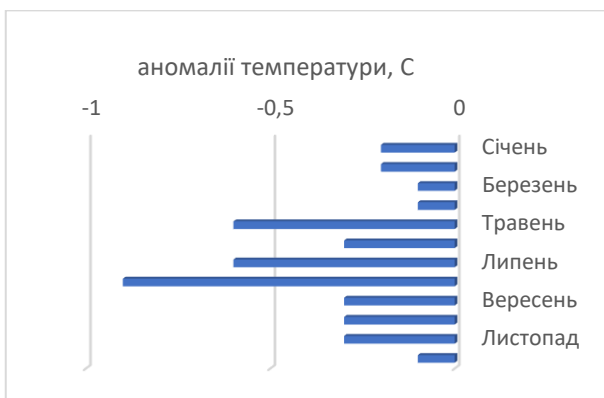


Рис. 4. Гістограма аномалій приземної температури повітря на ст. Bellingshausen за 1991–2000 рр.

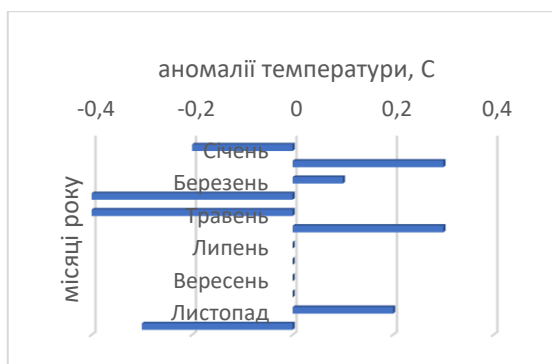


Рис. 5. Гістограма аномалій приземної температури повітря на ст. Bellingshausen за 2001–2010 рр.

Третє десятиріччя (2011–2020 рр.) характеризується переважанням додатних аномалій температури повітря протягом майже усіх місяців. В це десятиріччя від'ємні аномалії на станції Bellingshausen взагалі відсутні, хоча протягом трьох місяців року фіксуються нульові аномалії (січень, березень, червень). Решта місяців року представлена виключно додатними аномаліями, які досягають максимальних значень в період антарктичної зими: травень (1,0 С), серпень (0,9 С) (рис. 6).

Незважаючи на переважання додатних аномалій протягом більшості місяців року в останнє десятиріччя, середньорічна аномалія приземної

температури на станції Bellingshausen в це десятиріччя дорівнює нулю (табл. 6).

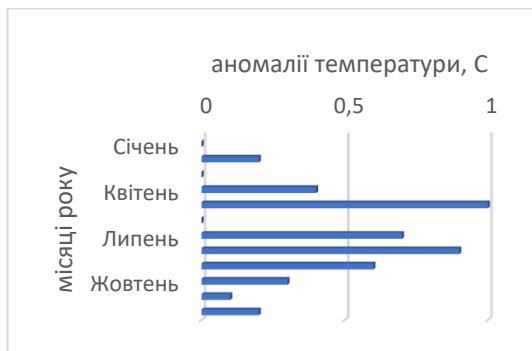


Рис. 6. Гістограма аномалій приземної температури повітря на ст. Bellingshausen за 2011–2020 рр.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що в останнє десятиріччя спостерігається зростання приземної температури повітря в досліджуваному регіоні у всі місяці року. Найбільш теплими стали місяці зимового сезону.

5. Динаміка середньорічних аномалій приземної температури повітря

Для оцінки змін середньорічних аномалій приземної температури повітря антарктичної станції Bellingshausen за останні тридцять років побудована гістограма середньорічних значень аномалій приземної температури за десятирічні періоди (рис. 7).

Як бачимо, за тридцятирічний період 1991–2020 рр. спостерігається стійка тенденція до збільшення приземної температури повітря в районі антарктичної станції Bellingshausen, хоча слід відмітити, що протягом двох останніх десятиріч середньорічні аномалії приземної температури повітря дорівнюють нулю, на фоні додатних середньомісячних аномалій.



Рис. 7. Середньорічні аномалії приземної температури повітря за десятирічні періоди, ст. Bellingshausen

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження термічного режиму в районі антарктичної станції Bellingshausen дозволили зробити наступні висновки:

1. Для дослідженого регіону характерне зростання приземної температури повітря протягом більшості місяців року. Додатний тренд фіксується з початку осені (лютий, 0,3 С), досягає максимальних значень в період антарктичної зими (травень-липень, 2,5 та 2,3 С відповідно) та зменшується до 0,1 С в кінці весни (листопад). Невеликі від'ємні значення тренду приземної температури на станції Bellingshausen фіксуються виключно в літній період (грудень-січень, -0,2 та -0,4 С відповідно). В середньому за рік величина додатного тренду на станції складає 0,9 С.

2. Аналіз аномалій температури повітря показав, що в останнє десятиріччя (2011-2020рр.) спостерігається переважанням додатних аномалій температури повітря протягом майже усіх місяців. В це десятиріччя від'ємні аномалії на станції Bellingshausen взагалі відсутні, хоча протягом трьох місяців року фіксуються нульові аномалії (січень, березень, червень). Решта місяців року представлена виключно додатними аномаліями, які досягають максимальних значень в період антарктичної зими: травень (1,0 С), серпень (0,9 С). Незважаючи на переважання додатних аномалій протягом більшості місяців року в останнє десятиріччя, середньорічна аномалія приземної температури на станції Bellingshausen в це десятиріччя дорівнює нулю.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що в останнє десятиріччя спостерігається зростання приземної температури повітря в досліджуваному регіоні у всі місяці року. Найбільш «теплішими» стали місяці зимового сезону.

3. Динаміка середньорічних аномалій приземної температури повітря за тридцятирічний період 1991-2020 рр. дозволила виявити стійку

тенденцію до збільшення приземної температури повітря в районі антарктичної станції Bellingshausen, хоча слід відмітити, що протягом двох останніх десятирічь середньорічні аномалії приземної температури повітря дорівнюють нулю, на фоні додатних середньомісячних аномалій.

АНОТАЦІЯ

В останні десятиріччя вчені багатьох країн звертають увагу громадськості на беззаперечний факт зміни клімату, який проявляється в нашому повсякденному житті. Глобальне підвищення температури, перерозподіл опадів, зрушення кліматичних поясів проявляється в усіх кочочках нашої планети. Але найбільший прояв зміни клімату відчувається саме в полярних регіонах Землі. Сьогодні вкрай актуальними залишаються питання регіональних кліматичних змін Антарктиди та пов'язаними з ними питання стійкості антарктичного крижаного куполу.

В роботі представлені результати дослідження термічного режиму району Антарктичного півострова на прикладі антарктичної станції Bellingshausen. Отримані результати дозволяють стверджувати, що в останнє десятиріччя спостерігається зростання приземної температури повітря в досліджуваному регіоні у всі місяці року.

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. Беллінсгаузен (антарктична станція) // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Беллінсгаузен_\(антарктична_станція\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Беллінсгаузен_(антарктична_станція)) (дата звернення 22.11.2023).

Information about the authors:

Prokofiev Oleh Miloslavovych,

Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Meteorology and climatology,
Odessa State Environmental University,
15, Lvivska str., Odesa, 65016, Ukraine

Chernyshov Vadim Albertovych,

Postgraduate Student at the Department
of Meteorology and climatology,
Odessa State Environmental University,
15, Lvivska str., Odesa, 65016, Ukraine