

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Динаміка приземної температури повітря
на станціях Східної Антарктиди

Виконала студентка 2 курсу групи МЗК-18
спеціальності 103 – “Науки по Землю”
Воциліна Діана Станіславівна

Керівник к.геогр.н., доцент
Прокоф'єв Олег Милославович

Рецензент д.геогр.н., доцент
Овчарук Валерія Анатоліївна

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 "Науки про Землю"
(шифр і назва)
Освітньо-наукова програма Кліматологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Прокоф'єв О.М.
" 23 " березня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Воциліна Діана Станіславівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Динаміка приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди

керівник роботи Прокоф'єв Олег Милославович, к.геогр.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 04 березня 2020р. № 23-с

2. Строк подання студентом роботи 12 травня 2020р.

3. Вихідні дані до роботи. Дослідження термічного режиму Східної Антарктиди проводилося за даними, отриманими з сайту Британської Антарктичної служби. Вихідні дані представляють собою середньомісячні значення приземної температури повітря за період з 1950 по 2018рр. (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; розрахувати та проаналізувати статистичні характеристики приземної температури повітря; визначити значущі періоди коливань температури повітря; визначити та проаналізувати трендові складові приземної температури повітря; розрахувати та проаналізувати аномалії температури повітря за десятирічні періоди з 1969 по 2018рр.; дослідити зв'язок між температурою повітря та глобальними кліматичними індексами за допомогою кореляційного та 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, графіки статистичних оцінок взаємної спектральної щільності середньомісячної температури повітря та індексу ЕПДК.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 березня 2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи	23.03-01.04 2020р.	95	відмінно
2	Формування бази даних по приземній температурі повітря та індексу ЕПДК	02.04-07.04 2020р.	100	відмінно
3	Розрахунок та аналіз статистичних характеристик приземної температури повітря.	08.04-10.04 2020р.	99	відмінно
4	Розрахунок трендової складової приземної температури повітря та аналіз особливостей багаторічних змін приземної температури повітря.	11.04-13.04 2020р.	97	відмінно
5	Розрахунок аномалій приземної температури повітря, аналіз їх динаміки	14.04-20.04 2020р.	99	відмінно
6	Рубіжна атестація	20.04-26.04 2020р.	98	відмінно
7	Дослідження та аналіз глобальних статистичних взаємозв'язків між середньомісячними значеннями приземної температури повітря та індексу ЕПДК за допомогою кореляційного та взаємного спектрального аналізів	21.04-04.05 2020р.	95	відмінно
8	Оформлення кваліфікаційної роботи, підготовка доповіді та презентації	05.05-11.05 2020р.	100	відмінно
9	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		98	відмінно

Студент _____
(підпис)

Воциліна Д.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Прокоф'єв О.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи "Динаміка приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди"

Автор: Воциліна Діана Станіславівна

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

Мета дослідження – дослідження динаміки приземної температури повітря на станціях Східної 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 Східній Антарктиді;
- аналіз динаміки приземної температури повітря у Східній Антарктиді;
- визначення кореляційного зв'язку між індексом ЕПдК та приземною температурою повітря;
- взаємний спектральний аналіз приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди та індексу Ель-Ніньйо.

Об'єкт дослідження: температурний режим Східної Антарктиди.

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

Методи дослідження: методи багатовимірною статистичного аналізу, методи дослідження випадкових функцій, кореляційний та взаємний спектральний аналіз двох процесів.

Наукова новизна отриманих результатів. полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей термічного режиму Східної 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, 4 розділів, висновків, переліку посилань з 38 джерел та одного додатку і містить 11 рисунків та 12 таблиць.

Перелік ключових слів: приземна температура повітря, Східна Антарктида, аномалії, індекс Ель-Ніньйо, кореляційний зв'язок, спектральна щільність.

ANNOTATION

Theme of the master's qualification work "Dynamics of ground air temperature at the stations of Eastern Antarctica".

Author: Voshchylina Diana Stanislavivna

Relevance. Relevance of the topic is determined by the need for continuous monitoring of the meteorological regime of Antarctica and its dynamics in the light of modern climate change.

The purpose of the study - to study the dynamics of surface air temperature in the stations of Eastern Antarctica and its relationship with global climate indices.

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

- calculation of statistical characteristics of the surface air temperature in Eastern Antarctica;
- analysis of the dynamics of ground air temperature in East Antarctica;
- to determine the correlation between the ENSO and the surface air temperature;
- mutual spectral analysis of ground air temperature in East Antarctica stations and El Niño index.

Object of study: Eastern Antarctica temperature regime.

Object of study: monthly average values of ground air temperature obtained by radio sounding the atmosphere at East Antarctica stations.

Research methods: multidimensional statistical analysis methods, random function research methods, correlation and mutual spectral analysis of two processes.

The scientific novelty of the obtained results lies in a complex statistical study of spatial and temporal features of the thermal regime of Eastern Antarctica in conditions of global climate change.

Practical value of the obtained results. Principles of statistical research are applied and the received results can be used at studying of changes of a global climate, and also at working out of physical and statistical models of long-term weather forecasts for Southern hemisphere.

Structure and scope of work: The master's work of 72 pages consists of an introduction, 4 chapters, conclusion, list of references from 38 sources and one annex and contains 11 figures and 12 tables.

List of keywords: ground temperature, East Antarctica, anomalies, El Niño index, correlation relation, spectral density.

Зміст

ВСТУП	3
1 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ТА КЛІМАТ РЕГІОНУ	4
1.1 Вплив географічного положення Антарктиди на формування метеорологічного режиму	4
1.2 Клімат Антарктиди	10
1.3 Сучасні кліматичні зміни Південної полярної області	15
2 ВИХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1 Характеристика вихідної інформації	21
2.1.1 Температура повітря	21
2.1.2 Глобальні кліматичні індекси	23
2.2 Методи дослідження.....	25
2.2.1 Методи розрахунку основних статистичних параметрів..	25
2.2.2 Методи розрахунку аномалій приземної температури повітря.....	32
2.2.3 Кореляційний аналіз	33
2.2.4 Взаємний спектральний аналіз двох випадкових процесів	40
3 ДИНАМІКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ СХІДНОЇ АНТАРКТИДИ	47
3.1 Статистичні характеристики приземної температури повітря у Східній Антарктиді.....	47
3.2 Динаміка приземної температури повітря у Східній Антарктиді	49
4 ЗВ'ЯЗОК ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА СТАНЦІЯХ СХІДНОЇ АНТАРКТИДИ З ІНДЕКСОМ ЕПДК	53
4.1 Кореляційний зв'язок індексу ЕПДК та приземної температури повітря	53
4.2 Взаємний спектральний аналіз приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди та індексу Ель-Ніньйо	56
ВИСНОВКИ.....	63
ЛІТЕРАТУРА	66
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

У наш час вивчення полярних районів набуває величезного значення, можливо, що метеорологія і кліматологія саме полярних районів допоможуть зрозуміти механізм зміни клімату на нашій планеті. Важлива задача – вивчити різні стани системи океан-атмосфера, а потім спробувати перенести на клімат окремих районів нашої планети результат їх впливу [1-5]. Щоб виказати гіпотези про температурні умови, кількість опадів, вітровий режим і режим циркуляції в майбутньому, необхідно досконально вивчити сучасні умови і розібратися в суті фізичних процесів.

В якості матеріалу дослідження використовувались середньомісячні значення приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди.

В першій частині роботи наведено аналіз впливу географічного положення Антарктиди на формування метеорологічного режиму, клімат Антарктиди та сучасні кліматичні зміни Південної полярної області. Друга частина присвячена вихідним даним та методам дослідження приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди. У третьому розділі проводиться аналіз динаміки приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди. У четвертому розділі проводяться дослідження кореляційного зв'язку та взаємний спектральний аналіз приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди та індексу Ель-Ніньйо.

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

1 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ І КЛІМАТ АНТАРКТИДИ

1.1 Вплив географічного положення Антарктиди на формування метеорологічного режиму

В районі Південного полюсу розташовується величезний материк – Антарктида, покритий могутнім льодовиковим покривом. Площа Антарктиди складає приблизно 15 млн. км², з якої менше 2,4% поверхні вільні від льоду. Середня товщина льодовикового покриву – приблизно 2000 м, а максимальна перевищує 4700 м. Загальний об'єм льоду – приблизно 30 млн. км³. Коли б весь цей лід розтанув, то рівень Світового океану піднявся б більш ніж на 60 м.

На льодовиковому покриві Антарктиди виділяються три крупні структури: малорухливий масив льоду з декількома куполами та зі слабконахиленою поверхнею, вивідні льодовики, що швидко рухаються, та шельфові льодовики (рис. 1.1).

Малорухливий наземний покрив складається з трьох пов'язаних між собою частин: величезного льодовикового щита Східної Антарктиди площею приблизно 9,9 млн. км², льодовикового щита Західної Антарктиди (1,8 млн. км²) та льодовикового щита Антарктичного півострова (0,3 млн. км²). Льодовиковий покрив Східної Антарктиди представляє еліпсоподібне в плані підвищення з майже горизонтальною поверхнею в центральній частині. І лише при детальних геодезичних вимірах на поверхні щита було виділено декілька куполоподібних височин, розділених низинами. Середня товщина щита оцінюється в 2120 м, а максимальна товщина покриву складає 4776 м. Середня товщина льодовикового щита Західної Антарктиди – 1100 м [21].

ВИСНОВКИ

Аналіз динаміки приземної температури повітря на станціях Східної Антарктиди дозволив зробити наступні висновки:

- мінімальні значення приземної температури повітря спостерігаються в період антарктичної зими, максимальні – влітку;
- 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 станціях Східної Антарктиди зустрічається як правостороння, так і лівостороння асиметрії, що означає суттєву відмінність процесу змін клімату в південних полярних широтах 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.
- періоди коливань приземної температури повітря змінюються в межах від 1,8 року на станції Zhongshan (жовтень), до 12.1 року на станції Mawson (червень). Для більшості станцій характерні коливання з періодом від 2 до 6 років;
- аналіз лінійних трендів показав зростання приземної температури повітря за досліджуваний період протягом більшості місяців року на станціях Davis, Mario Zucchelli, Novolazarevskaya та Syowa. Зменшення температури вімічається на станціях Amundsen Scott та Casey, в той час, як на станціях Dumont Durville, Mawson, Mirny та Zhongshan кількість місяців з додатними та від'ємними трендами майже однакова.

Величина зростання для середньорічних значень не велика і коливається в межах $0,1 - 0,7$ С. Максимальний додатний тренд фіксується на станції Mario Zucchelli в травні місяці ($4,0^{\circ}\text{C}$). Від'ємні значення тренду фіксуються переважно в зимові місяці. Максимальне зниження температури відмічається на станції Mario Zucchelli і складає $-4,5^{\circ}\text{C}$ (липень).

- аналіз аномалій приземної температури повітря за досліджуваний період показав плямистість у розподілі температури за десятиріччями: на початку досліджуваного періоду (1969-1978pp.) спостерігалось зниження приземної температури повітря, про що свідчить переважання від'ємних аномалій в це десятиріччя. Друге та четверте десятиріччя (1979-1988pp. та 1999-2008pp.) характеризуються переважанням додатних аномалій. Максимум, що фіксується у другому десятиріччі складає $0,5^{\circ}\text{C}$ (Casey, Syowa), а у четвертому – $0,4^{\circ}\text{C}$ на станції Mirny; третє десятиліття (1989-1998 pp.)представлене переважно від'ємними аномаліями (з мінімальним значенням – $-0,5^{\circ}\text{C}$ на станції Amundsen Scott). Додатня аномалія температури фіксується лише на станції Novolazarevskaya ($0,2^{\circ}\text{C}$). у п'ятому десятилітті, 2009-2018 роки, переважають від'ємні аномалії з мінімумом на станції Casey – $-0,3^{\circ}\text{C}$. Максимальне зростання температури в цьому десятилітті спостерігається на станції Amundsen Scott ($0,8^{\circ}\text{C}$), що є максимальним і єдиним зростанням приземної температури повітря на даній станції за весь період.

Кореляційний аналіз приземної температури повітря та індексу Ель-Ніньйо показав відсутність лінійного кореляційного зв'язку між вказаними величинами.

Взаємний спектральний аналіз дав можливість визначити вклад коливань різної частоти (періоду) в загальну дисперсію двох процесів. Він дозволив довести існування тісного кореляційного зв'язку між періодичними складовими в часових рядах приземної температури повітря станцій Східної

Антарктиди та індексу ЕПдК. Цей зв'язок, для квазірічних та сезонних гармонік, відбувається у протифазі та спостерігається з зсувом від 270,0 до 343,4°. Що вказує на наявність деякого крупно масштабного процесу, який впливає на зміну температури повітря станцій Східної Антарктиди, та з певним запізненням, індексу ЕПдК.

Для квазіпіврічних гармонік зв'язок відбувається у фазі з фазовим зсувом від 6.0 до 88.9°, що дозволяє стверджувати про залежність приземної температури повітря Антарктичного регіону від явища «Ель-Ніньйо».

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Аверьянов В.Т. Гляциоклиматология Антарктиды. / В.Т. Аверьянов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 198 с.
- 2 Астапенко П.Д. О циклонической деятельности в высоких широтах Южного полушария в зимнее время / П.Д. Астапенко // Инф. бюл. САЭ. – 1959. – № 5. – С. 26-31.
- 3 Базлова Т.И. К вопросу о вертикальном распределении водяного пара в арктической атмосфере / Т.И. Базлова // Тр. Аркт. и антаркт. науч.-исслед. ин-та. – 1966. – Т. 279. – С. 25-41.
- 4 Бобылев Л.П. Исследование содержания H_2O в атмосфере по ее собственному тепловому излучению в линии поглощения H_2O $\lambda = 1,634$ мм / Л.П. Бобылев, Г.Г. Щукин // Тр. Глав. Геофиз. обсерв. – 1975. – вып. 328. – С. 14-21.
- 5 Богомолов О.С. Косвенное определение вертикального профиля влагосодержания атмосферы / О.С. Богомолов, Б.Д. Панин // Изв. АН СССР, сер. Физ. атмосферы и океана. – 1973. – Т. 9, № 4. – С. 363-370.
- 6 Брезгин Н.Н. Особенности климата и современного оледенения о. Кинг-Джордж / Н.Н. Брезгин, Л.С. Говоруха // Метеорологические исследования в Антарктике. Труды II Всес. симп. – 1986. – Т4, №II. – С. 31-36.
- 7 Войтковский К.Ф. Основы гляциологии / К.Ф. Войтковский. – М.: Наука, 1999. – 255 с.
- 8 Воронов П.С. Опыт реставрации ледникового щита Антарктиды эпохи максимального оледенения Земли / П.С. Воронов // Инф. бюлл. САЭ. – 1960. – № 23. – С. 10-24.
- 9 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.

10 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.

11 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.

12 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.

13 Гернет Е.С. Ледяные лишай / Е.С. Гернет. – М.: Наука, 1981. – 120 с.

14 Говоруха Л.С. Гляциоклиматологическая характеристика Земли Грейама / Л.С. Говоруха // Бюлетень УАЦ. –1998. – Т. 2. – С. 70-76.

15 Говоруха Л.С. Гляциологические исследования на острове Галиндес / Л.С. Говоруха // Материалы гляциологических исследований. – 1997. – Вып. 83. – С. 234-235.

16 Говоруха Л.С. К гляциоклиматологии Земли Грейама / Л.С. Говоруха, В.Е. Тимофеев // Укр. геогр. журнал – 1996. – № 3. – С. 66-67.

17 Говоруха Л.С. Особенности климата горной гряды Южных Шетландских островов и вулкана Десепшен в Антарктике / Л.С. Говоруха // Доклады XV Международной конференции по метеорологии Карпат. – Киев, 1991. – С. 147-152.

18 Гожик П.Ф. Материковая окраина индоокеанского сектора Антарктиды / Гожик П.Ф. и др. – Киев: ИГН НАН Украины, 1984. – 53 с. – (Препринт / НАН Украины, Ин-т. геолог. наук; 1984-6)

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

20 Данова Т.Е. Характеристики энергетического спектра отношения смеси и температуры воздуха в тропосфере Антарктики / Т.Е. Данова, О.М. Прокофьев // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2014. – Вып. 1. – С. 8-13.

21 Климат полярных районов / [ред. С.Л. Орвиг]. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 444 с.

22 Котляков В.М. Ледовый баланс Антарктиды / В.М. Котляков, К.С. Лосев, И.А. Лосева // Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1977. – №. 1. – С. 5-15.

23 Котляков В.М. Снежный покров Антарктиды и его роль в современном оледенении материка / В.М. Котляков. – М.: АН СССР, 1961. – 134 с.

24 МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 стр.

25 Оделл Н.Е. Антарктические ледники и гляциология / Н.Е. Оделл // Современная Антарктика. – М.: Иностранная литература, 1957. – 374 с.

26 Петров В.Н. Атмосферное питание ледникового покрова Антарктиды / В.Н. Петров. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 152с.

27 Прокофьев О.М. Динамика аномалий приземной скорости ветра Антарктического полуострова / О.М. Прокофьев, А.И. Сущенко // Бюллетень науки и практики. – 2016. – №8 (9). – С.80-91

- 28 Швердфегер В. Климат Антарктиды / В. Швердфегер В. // Климат полярных районов. – Л., Гидрометеиздат, 1973. – С. 318-434.
- 29 Davis C.H. Snowfall-driven growth in East Antarctic ice sheet mitigates recent sea-level rise / C.H. Davis [et al.] // Science. – 2005. – V. 308, № 5730. – P. 1898-1901.
- 30 Davis C.H. Snowfall-driven growth in East Antarctic ice sheet mitigates recent sea-level rise / C.H. Davis [et al.] // Science. – 2005. – V. 308, № 5730. – P. 1898-1901.
- 31 <http://data.oceaninfo.ru/applications/indexes/>
- 32 Shepherd A. Warm ocean is eroding West Antarctic ice sheet / A. Shepherd, D. Wingham, E. Rignot // Geophysical Research Letters. – 2004. – V. 31, № 23. – P. 402.
- 33 Stone J.O. Holocene deglaciation of Marie Byrd land, west Antarctica / J.O. Stone [et al.] // Science. – 2003. – V. 299, № 5603. – P. 99-102.
- 34 Vaughan D.G. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula / D.G. Vaughan [et al.] // Climatic change. – 2003. – V. 60, № 3. – P. 243-274.
- 35 Velicogna I. Measurements of time-variable gravity show mass loss in Antarctica / I. Velicogna, J. Wahr // Science. – 2006. – V. 311, № 5768. – P. 1754-1756.
- 36 Wingham D.J. Mass balance of the Antarctic ice sheet / D.J. Wingham [et al.] // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2006. – V. 364, № 1844. – P. 1627-1635.
- 37 Zwally H.J. Mass changes of the Greenland and Antarctic ice sheets and shelves and contributions to sea-level rise: 1992-2002 / H.J. Zwally [et al.] // Journal of Glaciology. – 2005. – V. 51, №. 175. – C. 509-527.
- 38 Zwally H.J. Variability of Antarctic sea ice 1979-1998 / H.J. Zwally [et al.] // Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012). – 2002. – V. 107, № C5. – P. 9-19.