МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Радіаційний режим Північної полярної області

Виконав студент 2 курсу групи МЗК-18
спеціальності 103 – "Науки по Землю"
Тимошевський Микола Юрійович

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

Тимошевському Миколі Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Радіаційний режим Північної полярної області

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. Інформація про добову та річну інсоляцію в дослідженому регіоні, яка отримана з бази даних European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, Центр Рідінг, Великобританія). Використані дані прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню в вузлах регулярної сітки 2,5 × 2,5º (0ºсх.д - 180ºсх.д.; 0ºзах.д - 180ºзах.д.; 90º - 60ºпівн.ш) – розширений reanalysis проект, ERA-40 за період з 1958 по 2001р.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Побудувати та проаналізувати середні поля добової кількості інсоляції Арктичного регіону для усіх місяців року; розрахувати та проаналізувати статистичні характеристики інсоляція для різних широтних діапазонів; визначити значимі періоди коливань добової кількості інсоляції; проаналізувати динаміку добової та річної кількості інсоляції за досліджуваний період; дослідити зв'язок інсоляції та сонячної активності.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Картосхеми середніх багаторічних значень добової кількості інсоляції Арктики для січня, лютого, березня, квітня, травня, червня, липня, серпня, вересня, жовтня, листопада та грудня; графіки міжрічної мінливості інсоляції для широтних діапазонів 60-70º, 70-80º та 80-90º; графік міжрічної мінливості осереднених для досліджуваного регіону річних значень інсоляції.

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.	70	задовільно
2	Формування бази даних.	02.04-07.04 2020р.	80	добре
3	Розрахунок та аналіз статистичних характеристик інсоляції.	08.04-10.04 2020р.	75	добре
4	Розрахунок трендової складової добової та річної кількості інсоляції та аналіз особливостей багаторічних змін інсоляції досліджуваного регіону.	11.04-13.04 2020р.	80	добре
5	Побудова та аналіз картосхем середніх багаторічних значень добової кількості інсоляції Арктики для усіх місяців року.	14.04-20.04 2020р.	70	задовільно
6	Рубіжна атестація	20.04-26.04 2020р.	75	добре
7	Дослідження та аналіз зв’язку інсоляції досліджуваного регіону та сонячної активності.	21.04-04.05 2020р.	65	задовільно
8	Оформлення кваліфікаційної роботи, підготовка доповіді та презентації	05.05-11.05 2020р.	85	добре
9	**Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)**		**75**	**добре**

Студент _____ ____Тимошевський М.Ю.____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _____Прокоф’єв О.М._____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи "Радіаційний режим Північної полярної області".

Автор: Тимошевський Микола Юрійович.

Актуальність. Актуальність теми визначається необхідністю постійного моніторингу радіаційного режиму північної полярної області та його динаміки в світлі сучасних кліматичних змін.

Мета дослідження – комплексне статистичне дослідження динаміки радіаційного режиму північної полярної області.

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

- розрахунок та аналіз статистичних характеристик інсоляції досліджуваного регіону;
- аналіз динаміки добової та річної кількості інсоляції північної полярної області;
- побудова та аналіз середніх полів добової кількості інсоляції досліджуваного регіону для усіх місяців року;
- дослідження зв'язку інсоляції та сонячної активності.

Об'єкт дослідження: радіаційний режим північної полярної області.

Предмет дослідження: кількість добової та річної інсоляції північної полярної області за період 1958-2001 рр. проекту ERA-40.

Методи дослідження: фізико-статистичний та кліматичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей радіаційного режиму північного полярного регіону 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 Північної півкулі.

Структура і обсяг роботи: магістерська робота в обсязі 74 сторінок складається з вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань з 21 джерела і містить 24 рисунків та 10 таблиць.

Перелік ключових слів: радіаційний режим, північна полярна область, інсоляція, альбедо, числа Вольфа, тренд.

ANNOTATION

Theme of the master's qualification work: "Radiation regime of the northern polar region".

Author: Tymoshevsky Mykola.

Relevance. The urgency of the topic is determined by the need for constant monitoring of the radiation regime of the Arctic and its dynamics in the light of modern climate change.

The purpose of the study – comprehensive statistical study of the dynamics of the radiation regime of the northern polar region.

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

- calculation and analysis of statistical characteristics of insolation of the studied region;
- analysis of the dynamics of daily and annual insolation of the northern polar region;
- construction and analysis of average fields of daily insolation of the studied region for all months of the year;
- study of the relationship between insolation and solar activity.

Object of scientific research: radiation regime of the northern polar region.

Subject of scientific research: amount of daily and annual insolation of the Arctic region for the period 1958-2001 of the ERA-40 project.

Research methods: physical-statistical and climatic analysis.

The scientific novelty of the obtained results consists in a comprehensive statistical study of the spatio-temporal features of the radiation regime of the Arctic region in the context 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 change, as well as in the development of physical and statistical models of long-term weather forecasts for the Northern Hemisphere.

Structure and scope of work: The master's work of 74 pages consists of an introduction, 3 chapters, list of references from 21 sources and one annex and contains 24 figures and 10 tables.

Keywords: radiation regime, northern polar region, insolation, albedo, Wolf numbers, trend.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ І РАДІАЦІЙНИЙ РЕЖИМ АРКТИЧНОЇ ПОЛЯРНОЇ ОБЛАСТІ 9
1.1 Географічна характеристика території..... 9
1.2 Розподіл сонячної енергії на верхній межі атмосфери..... 12
1.3 Перенос сонячної радіації в атмосфері 21
1.3.1 Рівняння переносу радіації. Закон Буге-Ламберта-Бера 21
1.3.2 Коефіцієнт прозорості та фактор мутності атмосфери.. 26
1.4 Пряма сонячна радіація..... 31
1.5 Хмарність та її вплив на прихід сонячної радіації..... 33
1.6 Альбедо земної поверхні і хмар 36
2 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗНАЧЕНЬ ІНСОЛЯЦІЇ ПІВНІЧНОЇ ПОЛЯРНОЇ ОБЛАСТІ 41
2.1 Матеріали та методи дослідження..... 41
2.2 Методи статистичної обробки гідрометеорологічних величин 41
3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІАЦІЙНОГО РЕЖИМУ АРКТИЧНОГО БАСЕЙНУ 50
3.1 Статистичні характеристики інсоляції..... 50
3.2 Сезонний хід інсоляції тропосфери Арктичного регіону 51
3.3 Динаміка добової кількості інсоляції 61
3.4 Динаміка річної кількості інсоляції..... 62
3.5 Зв’язок інсоляції та сонячної активності 65
ВИСНОВКИ..... 69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 72

ВСТУП

Проблема зміни сучасного глобального клімату і, перш за все, його температурних характеристик представляється актуальною для сучасної науки і практики. Ця проблема визначається необхідністю прогнозування наслідків кліматичних змін для природного середовища і суспільства. Найбільш важливим в проблемі дослідження і прогнозування змін клімату є питання про причини, що викликають ці зміни.

Сонячна радіація є основним джерелом енергії, що визначає радіаційний і тепловий баланс Землі [1-3]. З широтними особливостями розподілу сонячної радіації пов'язане розташування кліматичних поясів (широтна зональність).

Відомо, що широта місцевості визначає зональність і сезонність розподілу сонячної радіації. Зональний характер зміни сонячної радіації по земній поверхні обумовлений кулястою формою нашої планети. Поняття "клімат" буквально означає нахил. Мається на увазі нахил земної поверхні до сонячних променів. Від екватора до полюсів в цілому спостерігається зменшення кута падіння сонячних променів [1]. Між кутом падіння сонячних променів і кількістю сонячної радіації, що приходить на земну поверхню, існує пряма залежність. Тому від екватора до полюсів величина сонячної радіації зменшується[2].

Освітленість регулюється добовим обертанням Землі навколо осі і річним її зверненням по еліптичній орбіті навколо Сонця. Земна вісь складає з площиною орбіти постійний кут 66,5º. Ці елементи положення Землі відносно Сонця створюють сезонний і залежний від географічної широти хід опромінення, що дозволило виділити пояси освітленості: холодний (полярний), помірний, жаркий (тропічний). Прихід сонячної радіації на поверхню Північних материків нерівномірний[1, 3].

Географічне положення їх таке, що річна сумарна радіація в північних приполярних і південних тропічних широтах розрізняється у декілька разів (менше 40 кВт/м^2 на арктичних островах і більше 130 кВт/м^2 на півдні (до 160 кВт/м^2 в Аравії – це максимальна величина на Землі). Особливо добре ці відмінності проявляються взимку: за Полярним колом території зовсім не отримують сонячного тепла або прихід його нікчемний [4-7].

В якості вихідного матеріалу використовувались дані проекту ЕРА-40, які являються результатом математичного моделювання з метою відновлення полів метеорологічних величин. В дослідженні використовувались поля прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню – їх середньомісячні значення в вузлах регулярної сітки 2,5 × 2,5º (0ºсх.д - 180ºсх.д.; 0ºзах.д - 180ºзах.д.; 90º - 60ºпн.ш), які представлені European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, Центр Рідінг, Великобританія) розширений reanalysis проект, ЕРА-40 за період з 1958 по 2001р.

В просторово-часовому розподілі значень інсоляції виявлені зони мінімальних значень в районі Новосибірських островів та в районі Гренландського та Норвежського морів, які обумовлені багатошаровою хмарністю. Отримані результати, свідчать про реальність сонячно-тропосферних зв’язків, про вплив Сонця на макропогоду через коливання інтенсивності потоку корпускулярного випромінювання.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження радіаційного режиму Північної полярної області дозволили зробити наступні висновки:

1. Аналіз статистичних характеристик дозволяє стверджувати, що:
   - максимальні коливання значень річної кількості інсоляції характерні для широтного інтервалу 60-70º, амплітуда річної інсоляції в цьому широтному діапазоні складає 52,41 МДж/м^2, значне зменшення амплітуди спостерігається в широтному діапазоні 70-80º (28,82МДж/м^2), найменша амплітуда річної інсоляції спостерігається на широтах 80-90º (23,97 МДж/м^2);
   - аналіз розрахунку асиметрії показав, що помірна правостороння асиметрія характерна для широтних діапазонів 60-70º та 80-90º, для широтного діапазону 70-80º характерна лівостороння слабка асиметрія;
   - розрахунки коефіцієнта ексцесу свідчать, що для широтного діапазону 60-70º річна інсоляція за досліджений період змінюється в малому інтервалі значень. В широтних діапазонах 70-80 та 80-90º
   - зміни річної інсоляції відбуваються в широкому діапазоні.

2. Добова кількість інсоляції Північної полярної області має яскраво виражений річних хід, а саме:
   - з листопада по лютий поля прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню при реальних умовах характеризуються радіальними ізолініями;
   - з березня, коли в центрі Арктичного регіону формується могутнє поле хмарності нижнього ярусу, значення добової інсоляції мінімальні в цьому районі;
   - великі горизонтальні градієнти інсоляції спостерігаються протягом всього теплого періоду року й зберігаються до липня.

– починаючи з липня, відбувається поступове зменшення горизонтальних градієнтів інсоляції. З серпня відбувається різке зменшення потоку прямої сонячної радіації над Арктичним басейном, яке продовжується до настання полярної ночі.

– з вересня зона мінімальних значень інсоляції в районі Новосибірських островів, яка утворюється завдяки багатошаровій хмарності в цьому районі, починає поступово розмиватися й в листопаді рисунок ізоліній інсоляції приймає радіальний вид.

3. Аналіз динаміки добової кількості інсоляції за досліджуваний період дозволяє припустити наявність невеликого зсуву приходу сонячної радіації та перерозподіл кількості хмарності в цей період:

– для широтного діапазону 60-70º характерна тенденція до зменшення добової інсоляції протягом більшості місяців року. Максимальний від'ємний тренд фіксується в серпні і складає -5,4 МДж/м^2. Додатні тренди невеликі і фіксуються у весняний період (лютий – 0,02 МДж/м^2, квітень – 1,03 МДж/м^2);

– для широтного діапазону 70-80º характерне збільшення добової кількості інсоляції протягом майже всіх місяців року, максимальне зростання фіксується на початку літа (травень – 3,02 МДж/м^2). Від'ємний тренд спостерігається тільки в серпні і складає -1,32 МДж/м^2;

– широтний діапазон 80-90º представлений від'ємними трендами в літній період – з травня по серпень. Максимальне зниження добової інсоляції складає -4,28 МДж/м^2 (липень). В перехідні періоди (березень-квітень, вересень-жовтень) спостерігається зростання добової кількості інсоляції, максимум – 0,21 МДж/м^2 (квітень).

4. Аналіз багаторічних змін річної кількості інсоляції дозволив виділити максимуми приходу сонячної радіації, які одночасно фіксуються для всіх трьох діапазонів (1960р. та в 1987-88рр.):

– в багаторічних змінах річної кількості інсоляції в широтному діапазоні 60-70º, спостерігаються декілька максимумів: 1710,02 МДж/м^2 (1959р.), 1649,81 МДж/м^2 (1969р.) та 1625,44 МДж/м^2 (1987р.). Ряд річної інсоляції в широтному діапазоні 60-70º характеризується стійкім зменшенням значень на 58 МДж/м^2 за період 1958-2001рр.;

– в широтному діапазоні 70-80º також спостерігаються чотири максимуми: 987,12 МДж/м^2 (1959р.), 948,16 МДж/м^2 (1970р.), 980,40МДж/м^2 (1988р.) та 983,94 МДж/м^2 (2001р.). Ряд річної кількості інсоляції в широтному діапазоні 70-80º характеризується стійкім збільшенням значень на 27 МДж/м^2 за період 1958-2001рр.;

– в широтному діапазоні 80-90º спостерігаються три максимуми: 594,39 МДж/м^2 (1960р.), 602,94 МДж/м^2 (1988р.) та 573,80 МДж/м^2 (2001р.). Ряд річної інсоляції в широтному діапазоні 80-90º характеризується стійкім зменшенням значень на 21 МДж/м^2 за період 1958-2001рр.

5. Порівняльний аналіз змін активності сонця з 1950 по 2010рр. за числами Вольфа та інсоляції Північної полярної області показав повну відповідність двох процесів, що свідчить про природну залежність інсоляції досліджуваного регіону від сонячної активності.

Отримані результати свідчать про реальність сонячно-тропосферних зв’язків, про вплив Сонця на макропогоду через коливання інтенсивності потоку корпускулярного випромінювання. Але ставити у повну залежність атмосферних процесів від сонячної активності невірно. Атмосфері притаманні свої власні закономірності, які не залежать від позаземних факторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гончарова Л. Д., Серга Е. М., Школьний Є. П. Клімат і загальна циркуляція атмосфери: Навчальний посібник. – 2005.

2. Васильева Д.А., Священников П.Н. Межгодовая изменчивость облачности и длинноволновой атмосферной радиации в Центральном Арктическом бассейне //Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2003. – №. 4.

3. Марченко Т.К. Альтернативні джерела енергії. Сонячна енергія // Наукові записки. – 2010. – С. 3.

4. Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Сибир Е.Е. Специфика многолетней изменчивости суммарной солнечной радиации и характеристик прозрачности атмосферы в полярных областях // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2007. – №. 76. – С. 131-136.

5. Кулькова Е.В., Червяков М.Ю. Изменчивость составляющих радиационного баланса в Арктическом регионе //Комплексные исследования Мирового океана. – 2017. – С. 144-145.

6. Смульский И.И., Иванова А.А. Эволюция инсоляции в эквивалентных широтах в арктике и Антарктике // Theory and Methods of Polar Science: Proceedings of International youth scientific conference on the polar geodesy, glaciology, hydrology and geophysics. – 2018. – С. 114.

7. Федоров В.М., Гребенников П.Б. Инсоляционная контрастность Земли и изменение площади морских льдов в Северном полушарии //Арктика: экология и экономика. – 2018. – №. 4. – С. 86-94.

8. Данова Т.Є. Конспект лекцій з навчального курсу „Полярна та морська метеорологія” – Одеса: ОДЕКУ, 2006. – 84с.

9. Климат полярных районов. Под ред. Орвиг С. Л.; Гидрометеоиздат, 1973. – 444с.

10. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 751с.

11. Фейгельсон Е.М. Потоки солнечного излучения в облаках. – Л.: Гидро-метеоиздат, 1978. – 157с.

12. Школьный Е.П. Фізика атмосфери. Одеса. «Віпол» 1997. – 698с.

13. Червяков М.Ю., Шишкина Е.В. Спутниковый мониторинг составляющих радиационного баланса на верхней границе атмосферы в Арктическом регионе // Climate, Geography and Environment of the Russian Arctic 4-10 September 2016 Apatity town, Murmansk region, Russia. – 2016. – С. 78.

14. Алексеев Г.В. и др. Результаты и перспективы исследований климата и климатического обслуживания в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2018. – Т. 64. – №. 3. – С. 262-269.

15. Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Сибир Е.Е. Многолетняя изменчивость годовых сумм суммарной и поглощенной солнечной радиации в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2017. – №. 3. – С. 39-50.

16. Репина И.А., Тихонов В.В. Снежницы на поверхности льда в летний период и их связь с климатическими изменениями в Арктике // Российская Арктика. – 2018. – №. 2.

17. Фёдоров В.М., Голубев В.Н., Фролов Д.М. Многолетняя изменчивость инсоляции Земли и содержания двуокиси углерода в атмосфере // Жизнь Земли. – 2018. – Т. 40. – №. 1.

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

19. Прокофьев О.М. Исследование динамики инсоляции Северной Полярной области / О.М., Прокофьев, Н.Ю. Тимошевский, О.Ю., Волошановская // Abstracts of II International Scientific and Practical Conference «Science, Society, Education: topical issues and development prospects. Kharkiv, Ukraine, 20-21 January, 2020. – С. 349-353.

20. Фізичні процеси верхньої атмосфери (конспект лекцій) Школьний Є.П., Данова Т.Є. – Одеса, ОДЕКУ, 2005 р. – 119 с.

21. Метеорологія і кліматологія Підручник /Підредакцією д.ф.-м.н., професораСтепаненкаС.М. − Одеса, 2008. – 533 с.