## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

 **ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Дворецька Ірина Віталіївна**

УДК 551:[510.42+510.534.3+521.14]

**ДИНАМІКА ОКРЕМИХ ХІМІЧНИХ СКЛАДОВИХ ТА ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АТМОСФЕРИ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ**

11.00.09 – метеорологія, кліматологія, агрометеорологія

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата географічних наук

Київ – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі метеорології і кліматології

Географічного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

|  |  |
| --- | --- |
| **Науковий керівник:** | доктор географічних наук, професор**Сніжко Сергій Іванович,**Київський національний університетімені Тараса Шевченка,завідуючий кафедрою метеорології і кліматології |
|  |  |
| **Офіційні опоненти:** | доктор географічних наук, старший науковий співробітник**Антоненко Володимир Степанович,**Київський національний університет культури і мистецтв Міністерства освіти і науки України і Міністерства культури і туризму України,завідуючий кафедрою міжнародного туризмукандидат географічних наук,**Рибченко Людмила Степанівна,**Науково-дослідний гідрометеорологічний інститут НАН України і Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи,старший науковий співробітник |
| **Провідна установа:** | Одеський державний екологічний університет Міністерства освіти і науки України |

Захист відбудеться «14» червня 2007 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка за адресою:

м. Київ, МСП – 680, проспект Глушкова, 2, географічний факультет

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету імені Тараса Шевченка (01033, м. Київ, вул. Володимирська, 64)

Автореферат розіслано «10» травня 2007 р.

|  |  |
| --- | --- |
| Вчений секретарспеціалізованої вченої ради,кандидат географічних наук | В.В.Гребінь |

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми** визначається необхідністю досліджень оптичних властивостей та малих газових складових атмосфери (МГСА) як комплексу кліматоутворюючих чинників, що формують складові енергетичного балансу кліматичної системи Землі. Особливу актуальність проблема вивчення оптичних властивостей і МГСА набула в комплексі з проблематикою антропогенних впливів та сучасного потепління клімату.

Оптичні властивості і хімічний склад атмосфери описуються багатьма параметрами, проте їх використання в дослідженнях потребує забезпечення відповідних умов кількісного та якісного характеру. Умови кількісного характеру визначаються особливостями вихідних даних, тобто структурою їх часових та просторових відліків. Тут головними умовами є глобальність вихідних даних, щоденне їх поновлення, висока просторова розподільна здатність джерел даних та достатньо тривалі (бажано кліматично значущі) часові періоди спостережень. Основною умовою якісного характеру є високе енергобалансове значення складових. Тобто, іншими словами, дана характеристика повинна робити вагомий внесок у стан кліматичної системи. Враховуючи ці умови, були обрані три найхарактерніші оптичні властивості та хімічні складові атмосфери: загальний вміст атмосферного озону (ЗВО), значення альбедо системи «Земля – атмосфера» та аерозольний індекс. Усі вони мають надзвичайно важливе значення як чинники кліматичних змін і безпосередньо впливають на перебіг життєво важливих процесів. Їх кількісні характеристики вимірюються одним приладом супутникового базування (TOMS), що позитивно впливає на однорідність рядів для різних складових. Отримані дані повністю забезпечують зазначені умови кількісного характеру.

Супутникова апаратура TOMS характеризується найбільшою тривалістю застосування у світовій практиці супутникових геофізичних вимірів. За її допомогою отримані унікальні за глобальністю, однорідністю і просторовим розподіленням ряди спостережень за ЗВО, значенням альбедо системи «Земля – атмосфера» та аерозольним індексом. Ці ряди визнані світовою науковою спільнотою репрезентативними для досліджень хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери, що дає змогу використовувати їх для досліджень короткоперіодичних коливань та довготермінових змін цих характеристик. В даній роботі проведено дослідження природної мінливості зазначених вище хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери, що визначає її актуальність для завдань виділення антропогенного внеску на фоні природної мінливості.

 В сучасний період відмічається велике занепокоєння наукової спільноти та громадськості зменшенням загального вмісту озону та планетарного альбедо, а також збільшенням вмісту аерозолю в атмосфері. Тому дослідження як короткоперіодичної, так і довгоперіодичної динаміки цих хімічних складових та оптичних властивостей має велике значення. Особливо важливою на даний момент є необхідність виділення природних та антропогенних чинників змін загального вмісту озону, значення альбедо та вмісту аерозолю.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження, проведені під час написання дисертації, є невід’ємною частиною наукової роботи кафедри метеорології і кліматології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а також Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту:

1. «Оцінка екологічних наслідків на території України від глобального потепління клімату, спричиненого антропогенним забрудненням атмосфери оптично активними газоаерозольними домішками» (План НДР НДЧ Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2001 – 2005 рр №01БФ050-03);
2. «Дослідити інтенсивність забруднення атмосферного повітря на території України, оцінити його вплив на склад і фізико-хімічні властивості атмосфери» (План НДР Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, 2003 – 2005 рр № 9/03);
3. «Розроблення методів обробки супутникової інформації для аналізу та прогнозу стану атмосфери. Дослідження стану аерозольного шару над Україною та оцінка його впливу на вміст озону в атмосфері» (План НДР Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, 2006 – 2009 рр № 20/06).

**Мета і задачі досліджень.** ***Метою*** дослідження є закладання науково-методичних засад моніторингу ЗВО, значення альбедо системи «Земля – атмосфера» та аерозольного індексу над територією України.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі ***завдання:***

* виділення короткоперіодичної (сезонної) та довгоперіодичної (трендової) динаміки вмісту атмосферного озону, аерозолю та значення альбедо системи «Земля – атмосфера», її кількісна оцінка та обчислення внеску природних (глобальних геофізичних) факторів в сучасну динаміку оптичних властивостей та МГСА.
* встановлення меж природної мінливості згаданих полів і порівняння цих меж з відповідними даними про зональний пояс, що містить Україну та про території, що з нею межують.

Проблема формування кліматичних норм та вивчення особливостей довгоперіодичних коливань зазначених властивостей в сучасний період є необхідною ланкою для кількісної оцінки антропогенної складової.

В роботі були поставлені такі ***задачі***:

* розробити методику, яка б забезпечувала достовірність і точність результатів проведених досліджень в умовах коротких за часовим інтервалом рядів даних;
* створити загальну сумісну базу даних обраних хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери;
* створити програмне забезпечення для роботи з базою даних та обчислення усіх основних статистичних характеристик обраних хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери;
* дослідити та кількісно оцінити особливості сезонних змін кожної з обраних характеристик;
* відокремити короткоперіодичні флуктуації від довгоперіодичних змін та отримати їх кількісні характеристики;
* проаналізувати просторовий розподіл обраних характеристик на різних рівнях досліджень: глобальному, зональному, регіональному та субрегіональному;
* дослідити динаміку і просторовий розподіл кількісних характеристик обраних хімічних складових та оптичних властивостей над територією України;
* в довгоперіодичних змінах виділити вплив природних факторів на поля обраних хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери, визначити кількісні показники такого впливу.

***Об’єкт дослідження*** – обрані хімічні складові та оптичні властивості атмосфери, а саме, загальний вміст озону, значення альбедо системи «Земля – атмосфера» та аерозольний індекс.

***Предмет досліджень*** – динаміка обраних хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери.

***Методи досліджень:***

* метод гармонічного аналізу для визначення спектрального складу з метою виділення короткоперіодичних (сезонних) коливань;
* метод регресійного аналізу для визначення та кількісного вивчення впливу глобальних геофізичних факторів (ГГФ) на обрані хімічні складові та оптичні властивості;
* статистичні методи оцінки достовірності і якості побудованих регресійних моделей.

***На захист виносяться такі основні положення:***

* методика для аналізу даних відносно коротких (для кліматичних досліджень) рядів спостережень і візуалізації результатів;
* статистичні характеристики (сезонна мінливість та межі її природних змін) для всіх трьох обраних хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери;
* оцінка величини довготривалих змін і внеску в них глобальних геофізичних факторів для всіх трьох обраних хімічних складових та оптичних властивостей.

**Наукова новизна одержаних результатів. В**перше змодельовано сезонний хід ЗВО, альбедо та аерозольного індексу над Україною з високим просторовим розподілом. Вперше побудовані поля впливу глобальних геофізичних факторів на ЗВО, альбедо та аерозольний індекс в Україні. Пояснено особливості впливу глобальних геофізичних факторів на хімічні складові та оптичні властивості атмосфери до і після виверження вулкану Пінатубо (1991 р). Встановлено і пояснено зростання впливу глобальних геофізичних факторів на аерозольний індекс після виверження вулкану.

**Практичне значення одержаних результатів.** одержані результати закладають методичні засади для моніторингу важливих складових енергетичного балансу кліматичної системи Землі і, зокрема, для виявлення короткострокових аномалій та довготермінових змін цих складових в Україні.

**Особистий внесок здобувача. С**творено загальну сумісну базу даних загального вмісту озону (ЗВО), значення альбедо та аерозольного індексу за супутниковими спостереженнями. Розроблено методику побудови сезонних моделей і полів впливів геофізичних факторів на ЗВО, аерозольний індекс та альбедо. Здійснено аналіз спектральних складових сезонного ходу (глобальних, зональних, регіональних та субрегіональних), а також аналіз впливів глобальних геофізичних факторів на згадані хімічні складові та оптичні властивості.

**Апробація результатів дисертації** проведена шляхом порівняння результатів обчислень на різних рівнях досліджень.

Основні результати роботи доповідались на V Міжнародній аерозольній конференції Американської асоціації досліджень аерозолю (Х’юстон, США, жовтень 2005 р); на конференції «Декада ландшафтознавчих і краєзнавчих досліджень на зламі тисячоліть», (Канів, травень 2005 р); на конференції «Географічна наука та освіта: екологічні та соціальні ризики» (Київ, жовтень 2005 р); на конференції “Шевченківська весна” (Київ, березень 2006 р).

**Публікації.** Основні результати досліджень викладені в восьми наукових роботах, в тому числі у п’яти виданнях, що входять до переліку ВАК України.

**Структура та обсяг дисертації.** Повний обсяг дисертації 245 сторінок тексту, містить 26 рисунків, 26 таблиць, складається зі вступу і п’яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (всього 212 джерел) та додатків на 88 сторінках.

Автор вважає своїм обов’язком виразити глибоку вдячність кандидату фізико-математичних наук Крученицькому Григорію Михайловичу за всебічну допомогу і підтримку під час проведення досліджень, а також кандидату фізико-математичних наук Білявському Олександру Володимировичу.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, формулюються мета і задачі дослідження, вказуються основні методи дослідження. Велика увага приділяється науковій і практичній новизні отриманих результатів, а також їх апробації.

У **першому розділі** розглядаються основні характеристики обраних хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери, а саме: атмосферного озону, альбедо та аерозолю. Сучасні дослідження оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери базуються на працях цілого покоління вчених (Хргіана А.Х., Перова С.П., Ізраеля Ю.А., Александрова Е.Л., Кароля І.Л., Будико М.І., Івлєва Л.С., Кондратьєва К.Я., Матвєєва Л.Т. та ін.). Великий внесок у дослідження динаміки хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери над територією України зробили вчені Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту і інших установ (Мартазінова В.Ф., Гущін Г.К., Білявський О.В., Блюм О.Б., Маренко А.Н.). Враховуючи необхідність дослідження впливу природних факторів на загальний вміст озону, значення альбедо та аерозольний індекс, окремо розглядаються глобальні геофізичні фактори, їх поширення та особливості впливу на хімічний склад атмосфери і клімат. В цьому напрямку великі досягнення мають закордонні вчені (Carvalho L.M,Chou Chia, Fasullo J.,Grötzner A., Loeb N.G.Roeckner E. та ін.)

В **другому розділі** всебічно проаналізовано джерела вихідних даних та викладено методику дослідження. Вихідні дані представлені даними американського супутникового приладу TOMS і за часовим інтервалом охоплюють період з листопада 1978 до грудня 2002 рр. В період з квітня 1993 до липня 1996 р. супутник не був прив’язаний до сонячно-земної орбіти, тому ряди даних за цей період не були включені до аналізу. Результати вимірів обраних оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери за даними TOMS просторово осереднені в комірках так званої “сітки TOMS grid”. Ця сітка центрована у точках за широтою від 85,5˚ пд.ш. до 85,5˚ пн.ш. з кроком 1˚ і за довготою – від 179,375˚ зх.д. до 179,375˚ сх.д. з кроком 1,25˚. Незважаючи на те, що розроблене під час досліджень програмне забезпечення дозволяє майже миттєво в режимі реального часу зробити розрахунки для більших за часовим інтервалом рядів даних (наприклад, до 2007 року), це свідомо не було зроблено з таких причин. По-перше, апробація 8-ої версії даних (включає ряди даних після 2002 року) ще не закінчилась, тому ці ряди ще не визнані як репрезентативні. По-друге, результати, на які спирається робота, були підготовлені до публікації за тих часів, коли восьма версія ще не стала загальнодоступною.

Ряди вихідних даних загального вмісту озону, значення альбедо та вмісту аерозолю (з просторовим розподіленням сітки TOMS grid) осереднювались в першу чергу для території України. Проте, враховуючи просторовий розподіл даних TOMS grid, всі дослідження проводились не безпосередньо для території України, а для криволінійного прямокутника України (тобто прямокутник, що утворюється 4-ма вузлами сітки TOMS grid максимально просторово наближеними до крайніх точок України) з координатами від 44 до 53° пн.ш. та від 21 до 40° сх. д. З метою подальшого аналізу результатів досліджень були також використані дані, осереднені для планети в цілому (глобальний рівень досліджень), дані широтного поясу, до якого належить територія України (зональний рівень досліджень) та дані для окремих частин території України з просторовим розподіленням 3° за широтою на 4° за довготою (субрегіональний рівень досліджень). З метою контролю отриманих для криволінійного прямокутника Україна результатів, його площа умовно була укрупнена в 2,5 рази і отримала умовну назву Супер\_України. Відповідно, регіональний рівень досліджень представлений даними для України та Супер\_України.

На відміну від даних ЗВО, які безпосередньо вимірюються приладом, дані альбедо системи «Земля – атмосфера» регулярно обчислюються тільки для планети в цілому. Літакове зондування проводиться рідко, тому дослідження динаміки значення альбедо над окремими регіонами за цими даними є неможливими. Таким чином в роботі були використані ряди відбивної здатності, що вимірюється супутником і в англомовній літературі має назву “reflectivity”. В роботі окремо було проведено дослідження щодо можливості використання даних “reflectivity”, як замінника регіональних та субрегіональних даних альбедо системи «Земля – атмосфера». Дані аерозолю представлені значеннями аерозольного індексу, що вказує наскільки довжина хвилі випромінювання залежить від загального вмісту аерозолю.

Крім того, для порівняння результатів досліджень динаміки загального вмісту озону за супутниковими даними були використані дані української наземної озонометричної мережі. Її складають шість станцій: Київ, Богуслав, Бориспіль, Феодосія, Львів, Одеса. Вимірювання на цих станціях почались в різні роки і мають різну кількість пропусків та перерв у вимірах, проте в роботі були використані всі наявні дані.

Ряди даних глобальних геофізичних факторів представлені 20-ма індексами, які умовно поділені на чотири групи: індекси тиску, індекси зональної складової вітру, індекси зональних змін температури та індекс потоку довгохвильової радіації. Враховуючи наявність періодичної складової у їх динаміці, в дослідженнях були використані тільки аномалії зазначених індексів. Загалом ці ряди значень характеризують такі глобальні геофізичні фактори як квазідворічне коливання, Південно-Атлантичне, Північно-Атлантичне та Тропічно-Атлантичне коливання, Південне коливання Ель-Ніньо, Північно-Тихоокеанське коливання та ін.

Для досліджень було розроблено спеціальну методику, в основі якої лежать два основні методи досліджень: гармонічний та регресійний аналіз. Всі дослідження складались з двох основних частин: розрахунок короткоперіодичних коливань та кліматичних норм і виділення довгоперіодичних коливань, шляхом розрахунків природної складової змін ЗВО, значення альбедо та вмісту аерозолю.

Виділення кліматичних норм може бути реалізовано двома шляхами: помісячне осереднення та гармонічний аналіз. Помісячне осереднення може давати точні результати для великих за часовим інтервалом рядів даних. Тому в наших дослідженнях частіше застосовувався аналіз Фур’є або гармонічний аналіз, в основі якого лежить теорема Фур’є. Дана теорема вказує на можливість розкладу дискретного ряду параметрів на систему тригонометричних функцій (синусів та косинусів). Таким чином були виділені гармоніки сезонного ходу. Перевірка значущості гармонік здійснювалась шляхом застосування критерію Стьюдента (забезпечення 95%).

Для виділення довгоперіодичних змін обраних оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери, шляхом дослідження впливу на них глобальних геофізичних факторів, застосовувався регресійний аналіз. Під побудовою регресійної моделі процесу  із залученням набору регресорів , де  - це час, а розуміють визначення коефіцієнтів  у розкладі:

 , (1)

що мінімізують (у деякому сенсі) функцію . Як використовувались ряди залишків сезонного ходу певної хімічної складової або оптичної властивості. Ряди регресорів представлені рядами аномалій індексів глобальних геофізичних факторів. Значущість регресорів також перевірялась за критерієм Стьюдента.

Обчислення трендів здійснювалось шляхом побудови регресійних моделей вигляду:

  (2)

і

  (3)

де:  визначається за формулою (1).

Модель (2) – лінійний тренд, модель (3) може визначати екстремуми в довготермінових змінах. Точка екстремуму знаходиться за формулою:



 (4)

Крім зазначених методів, використовувались також статистичні методи досліджень (знаходження середнього значення, дисперсії, коефіцієнту кореляції, коефіцієнту детермінації та ін.).

Для кожного кроку досліджень було створене відповідне програмне забезпечення мовами Visual Basic та VBA, яке може бути використано окремо на певних етапах або у вигляді програми для повних розрахунків. Остання включає такі етапи: виведення даних з бази TOMS (яка представлена у вигляді певним чином закодованих dat-файлів) в Excel, осереднення даних по місяцях та у просторі, створення зручної для розрахунків бази даних в табличному редакторі Excel, проведення гармонічного аналізу та знаходження значущих гармонік за критерієм Стьюдента або помісячне осереднення, обчислення амплітуд та фаз сезонних коливань, обчислення коефіцієнту детермінації сезонного ходу, знаходження дати настання мінімуму сезонного ходу, обчислення значень кліматичних норм для кожного місяця року, знаходження залишків сезонного ходу шляхом віднімання від фактичних значень параметру його кліматичної норми, проведення регресійного аналізу між залишками сезонного ходу та рядами аномалій глобальних геофізичних факторів, знаходження значущих регресорів за допомогою критерію Стьюдента, обчислення параметрів моделей та рядів залишків моделей, знаходження коефіцієнту детермінації.

В **третьому розділ**і досліджено і проаналізовано короткоперіодичну та довгоперіодичну складові динаміки загального вмісту озону над територією України.

Короткоперіодична складова коливань ЗВО, що представлена сезонним ходом, над територією України формується двома першими гармоніками, які є найповільнішими в сезонному ході. Для кліматичних норм на території України характерна певна зональність розподілу вмісту озону: перші два моменти статистичного розподілу ЗВО зменшуються при просуванні з півночі на південь відповідно до збільшення концентрації озону при переході від одного типу вертикального профілю до іншого. Проте, середнє значення ЗВО над територією України зменшується при просуванні з північного сходу на південний захід від 335,6 до 341,5 о.Д. (рис.1), що пояснюється регіональними особливостями. Так, існування на території України Карпатської гірської системи обумовлює наявність зон підняття і опускання повітря, тобто горизонтального та вертикального перенесення ЗВО, а, отже, і порушення зональності, яка властива географічному розподілу концентрації озону. Сезонний хід ЗВО над територією України виражений надзвичайно яскраво, що характеризується високими значеннями коефіцієнту детермінації: від 0,77% на заході України до 0,81% на сході. Можна відмітити, що над територією України характерні менші середні значення ЗВО (339 о.Д.) у порівнянні з її широтною зоною (346 о.Д.), проте, більші – у порівнянні з Супер\_Україною (331 о.Д.). Тобто, незважаючи на зменшену концентрацію озону порівняно з зональною, географічне положення України на регіональному рівні обумовлює значення вмісту озону більші за ті, що характерні для даного регіону. Амплітуди коливань для першої і другої гармонік становлять, відповідно, 43,8 та 7,25 о.Д. Різниця дат настання максимуму ЗВО в першій гармоніці для різних регіонів України становить близько 16 днів (від 31 березня на північному сході до 15 квітня на південному заході). Дати настання максимуму другої гармоніки припадають на лютий по всій території України і мають різницю по території в 4 доби.



Рис.1. Географічний розподіл загального вмісту озону (о.Д.) над територією України

В межах дослідження кліматичних норм ЗВО над територією України було зроблене порівняння даних супутникових та наземних спостережень. Наземна озонометрична мережа України представлена шістьма станціями, нерівномірно розташованими за її територією. Так, всі станції були поділені на три категорії за динамічним діапазоном коефіцієнту регресії даних супутникових та наземних спостережень. До категорії високої якості роботи віднесені станції Київ та Богуслав, середньої – Львів та Феодосія, до низької – Бориспіль та Одеса.

В результаті дослідження довготермінових змін ЗВО виявилось, що географічне положення України зумовлює вплив на ЗВО тільки 5 глобальних геофізичних факторів з 10 можливих для її широтного поясу. Це аномалії індексів Північно-Атлантичного коливання (за міжнародним позначенням – NATL) та Тропічно-Атлантичного коливання (TROP), індекс аномалії зональної складової вітру в східному секторі Тихого океану (EPAC), аномалії індексу Південного коливання (Ніньо) в третій зоні (від 5° пн.ш до 5° пд.ш. та від 150° зх.д. до 90° зх.д.) – NINO 3 та аномалії індексу зональності температури на поверхні 500 гПа (Z500).

При дослідженнях впливу глобальних геофізичних факторів на субрегіональному рівні виявилось, що тільки три регресори є абсолютно значущими для всієї території. Це такі регресори, як аномалії індексів Північно-Атлантичного (NATL) та Тропічно-Атлантичного коливань (TROP) та аномалії індексу зональності температури на поверхні 500 гПа (Z500). Їх вплив є стабільним для всієї території, адже, останній фактор є глобальним за своєю дією (він є значущім на всіх рівнях досліджень), а дія атлантичних факторів обумовлена знаходженням території України в межах західного перенесення повітряних мас.

На основі отриманих результатів були побудовані регресійні моделі моделі впливу глобальних геофізичних факторів на ЗВО над територією України (рис.2). В результаті моделювання виявлено, що вплив глобальних геофізичних факторів істотно зменшує ЗВО над територією України.

Рис. 2. Регресійна моделі ЗВО для криволінійного прямокутника Україна

Під час аналізу залишків моделі були виявлені такі основні закономірності. По-перше, зниження лінійного тренду при урахуванні глобальних впливів, а по-друге характерний мінімум квадратичного тренду, що припадає на 1997 – 1998 рр і підтверджує думку про природний характер змін ЗВО, які спостерігаються в останній період. Адже, саме цей часовий інтервал характеризується наявністю і накопиченням в атмосфері продуктів виверження вулкану Пінатубо на Філіппінських островах в 1991 р. В результаті виверження утворилось майже 30 Мт стратосферного аерозолю. З врахуванням впливу глобальних геофізичних факторів квадратичні тренди є значно більш статистично вагомими, аніж лінійні. На основі цього висновку можна сказати, що довготермінові зміни в шарі озону, які відмічаються останнім часом є наслідком повільного коливального процесу. Так, для широтного поясу, до якого належить територія України, дія глобальних геофізичних факторів приблизно на 65% зумовлює загальне зменшення ЗВО, для криволінійного прямокутника Україна цей показник становить 58%, а для окремих його частин змінюється від 30 до 60%. При цьому по Україні вплив ГГФ має властивість зменшуватись із заходу на схід і з півдня на північ, тобто відповідно до того як змінюється тренди залишків моделі. Отже, можна зробити загальний висновок про те, що зменшення ЗВО над територією України не менше ніж на 50% пов’язане з дією глобальних геофізичних факторів.

В **четвертому розділі** проаналізована динаміка значення альбедо системи «Земля – атмосфера» над територією України. Як було сказано вище, традиційним методом значення альбедо системи «Земля – атмосфера» вимірюється тільки для планети в цілому, а літакові зондування проводяться нерегулярно, тому такі дані неможливо використовувати для дослідження динаміки значення альбедо системи «Земля – атмосфера» та його регіональних особливостей. Тому в даній роботі було запропоноване використання вже згадуваного вище “reflectivity”. В результаті обчислень планетарного значення “reflectivity” та його географічного розподілу по земній кулі була відмічена відповідність отриманих результатів вимірюваному значенню глобального альбедо та очікуваному його географічному розподілу. Ще одним підтвердженням правильності обраного шляху став високий (більше 80%) коефіцієнт кореляції між “reflectivity” та температурою на середньому рівні тропосфери. Наявність такого зв’язку між альбедо та вказаною температурою є теоретично обґрунтованою. Таким чином, було доведено можливість використання “reflectivity”, як замінника регіонального та субрегіонального альбедо.

Короткоперіодичні сезонні зміни значення альбедо системи «Земля – атмосфера» (рис. 3) для території України формуються першою, другою та п’ятою

Рис.3. Сезонний хід альбедо для різних рівнів досліджень

гармоніками. Остання є значущою для північних та центральних областей України, а також прилеглих з півночі та крайнього південного сходу територій, і характеризує найшвидші зміни альбедо, що відбуваються протягом 2 – 2,5 місяців. Значущість даної гармоніки зменшується при просуванні із заходу на схід, що пояснюється відмінністю синоптичних умов між західним та східним регіонами України. Розмах коливань в сезонному ході альбедо на території України становить близько 35%, тоді як для широтного поясу він є меншим за 20%. Найменша різниця кліматичних норм альбедо між двома рівнями (зональним та регіональним) спостерігається взимку і становить 5%, тоді як влітку ця різниця досягає 10 – 12%. Максимум сезонного ходу альбедо для України спостерігається в січні – 52%, а мінімум в серпні – 22%. Це пояснюється тим, що максимум альбедо взимку утворюється за рахунок хмарності і твердих опадів, а влітку збільшення альбедо відбувається тільки за рахунок хмарності. Тому сезонний хід альбедо для території України майже повністю повторює сезонний хід хмарності, мінімум якої спостерігається в серпні. Таким чином, і в сезонному ході альбедо характерний серпневий мінімум.

Для території України довготермінові зміни альбедо формуються тільки двома факторами, які характеризують Атлантичні коливання. Це зрозуміло, адже територія України повністю знаходиться в межах дії західного переносу. Вплив Тихоокеанських індексів України не досягає, що обумовлено її малою площею і географічним положенням. З дією Північно-Атлантичного коливання пов‘язане збільшення альбедо на території України, яке пояснюється циклонічною діяльністю, що виникає в даному регіоні. Циклонічна діяльність, в свою чергу, викликає збільшення хмарності, а, отже, і збільшення альбедо. Тропічно-Атлантичне коливання, навпаки, істотно зменшує альбедо над територією України, що також пояснюється синоптичними умовами. Таким чином, дія двох зазначених факторів справляє однаковий за знаком та співвідношенням трендів вплив як на альбедо, так і на атмосферний озон над територією України. Коефіцієнт детермінації моделі впливу глобальних геофізичних факторів на альбедо в межах криволінійного прямокутника Україна є найбільшим з усіх моделей для інших рівнів досліджень і становить 54%. Це є наслідком залежності впливу глобальних геофізичних факторів від географічного розташування регіону.

Як і при дослідженнях ЗВО, так і при дослідженнях альбедо виявилось, що при врахуванні впливу глобальних геофізичних факторів квадратичні тренди стають значно більш статистично значущими, що вказує на коливальний характер сучасних змін альбедо.

Для альбедо, за результатами побудови трендів, в 1991 – 1992 роках спостерігається максимум, який також може бути пов'язаний з виверженням вулкану Пінатубо, адже наслідком виверження було попадання в атмосферу великої кількості ядер конденсації, тобто були створені умови для збільшення хмарності, що в свою чергу викликало збільшення альбедо. В результаті аналізу трендів залишків моделі та трендів залишків сезонного ходу виявлено від’ємні лінійні тренди на всіх рівнях досліджень, тобто в останній період відмічається зменшення значення альбедо системи «Земля – атмосфера» для різних за площею територій та для планети в цілому. За результатами розрахунків, таке зменшення над територією України майже на 50 % може бути пояснене дією глобальних геофізичних факторів. Проте, велика значущість параболічних трендів вказує на коливальний характер сучасних змін. В результаті проведених досліджень можна зробити загальний висновок про те, що вплив глобальних геофізичних факторів істотно змінює поле альбедо на всіх досліджених рівнях. Цей результат добре узгоджується з інтуїтивним уявленням про те, що альбедо системи «Земля – атмосфера» формується головним чином за рахунок хмарності, яка визначається глобальними циркуляційними процесами, що сильно залежать від ГГФ.

В **п’ятому розділі** проаналізована динаміка аерозольного індексу над територією України. В результаті досліджень було виявлено, що вже згадуване виверження вулкану Пінатубо зробило визначний внесок в динаміку аерозольного індексу за весь період спостережень. Отримані кількісні характеристики вказали на необхідність розбити весь ряд спостережень на два періоди: період І (ряд даних до виверження) та період ІІ (ряд даних після виверження). Викид в атмосферу продуктів виверження обумовив перебудову поля аерозолю, адже спричинив суттєве зростання в атмосфері дрібнодисперсної фракції. Седиментація такого аерозолю відбувається дуже довго і виділення внеску Пінатубо в сучасний період на фоні інших, більш пізніх, вивержень потребує відповідних критеріїв, розробка яких остаточно ще не закінчилась. Продукти виверження поширились над усією земною кулею, а їх густина і вертикальна протяжність в стратосфері, а зараз вже і у мезосфері та тропосфері, є настільки потужними, що сезонні вертикальні рухи аерозолю в сучасний період не мають великого значення.

В сезонному розподілі аерозолю відмічаються дві основні особливості: істотно вище середнє значення аерозольного індексу в період ІІ та набагато менші сезонні коливання у порівнянні з періодом І. Цікавою є відсутність значущих гармонік за даними другого періоду, тоді як для більшості точок планети в цей період існують значущі гармоніки. Це пояснюється поточковою різницею фаз, яка при осередненні даних дає внесок не до амплітуди гармоніки, а до сталої складової.

На фоні великої флуктуації атмосферного аерозолю, спричиненої потраплянням в атмосферу великої кількості продуктів виверження (вулканічного аерозолю) короткоперіодичні сезонні зміни, спричиненні сезонністю стаціонарних джерел стали непомітними і незначущими. Тому за другий період на більшості рівнів досліджень значущих гармонік виявлено не було. В сучасний період істотно зменшилась значущість вищих гармонік, що є наслідком зменшення значущості стаціонарних джерел.

На території України, як і на інших рівнях досліджень всі кліматичні норми в останній період істотно зросли (табл. 1), проте відносне зростання концентрації аерозолів в атмосфері над територією України та Супер\_України у порівнянні з іншими рівнями досліджень є меншим. Це пояснюється існуванням на території України власних локальних джерел антропогенного аерозолю. В останній період, за складних економічних умов, дані джерела втратили свою стаціонарність і це призвело до зменшення кількості аерозолю над окремими територіями. Втрата значущості сезонного ходу на території України в другому періоді пояснюється вже згадуваною втратою значущості стаціонарних аерозольних джерел. Потужний шар аерозолю утворений в результаті виверження рівномірно охопив всю земну кулю, що призвело до зменшення регіональності в розподілі аерозолю, яка існувала до виверження і була спричинена неоднорідністю аерозолю за походженням. Загалом, якщо в період І сезонний хід аерозольного індексу над територією України формувався першою гармонікою сезонного ходу, то в другий період значущих гармонік виявлено не було.

Після виверження Пінатубо істотно зросла глобальна однорідність природи аерозолю – основна маса аерозолю в сучасний період стала одного походження і, відповідно, однаково реагує на зовнішні чинники. Таким чином, в довготерміновій динаміці як на зональному, так і на регіональному рівні за другий період був виявлений єдиний набір значущих регресорів. Більш того, на обох рівнях майже співпали відповідні коефіцієнти детермінації та регресії.

Таблиця 1

**Кліматичні норми загального вмісту аерозолю**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рівень | Вагомі гармоніки | Сере-днє |  | Дата настання максимуму | Ампулі-туда( ) | Фаза() |
| І | ІІ |
|  |  |  |  |
| Період І |
| Планета | І і ІІ | 2,6 | 0,5 | 05.06 | 03.02 | 0,8 | 0,2 | 2,7 | 1,2 |
| Широтний пояс | І | 0,21 | 0,5 | 05.01 | - | 0,9 | - | 0,1 | - |
| Супер\_Україна | - | 0,94 | 0,6 | 11.01 | - | 0,7 | - | 0,2 | - |
| Україна | І | 0,9 | 0,5 | 27.06 | - | 0,8 | - | 1,4 | - |
| Період ІІ |
| Планета | - | 3,9 | 0,3 | 20.04 | - | 0,8 | - | 1,9 | - |
| Широтний пояс | І | 3,5 | 0,2 | 05.01 | - | 1,7 | - | 0,8 | - |
| Супер\_Україна | - | 2,6 | 0,2 | 04.03 | - | 1,1 | - | 1,1 | - |
| Україна | - | 2,7 | 0,2 | 03.04 | - | 0,8 | - | 1,6 | - |

За перший період довготермінові зміни загального вмісту аерозолю формували два регресори: аномалії індексу Південно-Атлантичного коливання та аномалії індексу Південного коливання (в третій та четвертій зонах з координатами: 5° пн.ш. – 5° пд.ш. та 160° сх.д. – 150° зх.д.). Коефіцієнт детермінації моделі невеликий і становить всього 0,7. З порівняння отриманих для території України результатів, був зроблений висновок: як і у випадку поля альбедо та ЗВО, так і у випадку аерозольного індексу (за перший період) вплив глобальних геофізичних факторів не залежить від площі досліджуваного регіону, а залежить тільки від його географічного розташування.

В останній період характер впливу глобальних геофізичних факторів на аерозольний індекс над територією України істотно змінився. Зараз значущими регресорами стали аномалії квазідворічного коливання (на поверхнях 30 та 50 гПа), аномалії індексу Південного коливання (четверта зона) та аномалії індексу Південно-Атлантичного коливання. Як вже зазначалось, цей набір значущих регресорів зберігається і на інших рівнях досліджень. Істотно (до 40%) зріс коефіцієнт детермінації моделі. Це пояснюється однорідністю за походженням аерозолю в сучасний період (основна маса аерозолю надійшла в атмосферу як продукт виверження Пінатубо, знівелювавши, таким чином, гетерогенність походження аерозолю першого періоду). Наслідком такої гомогенності стало зменшення значущості малих за часовим охопленням флуктуацій та однорідність реакції всього поля аерозолю на вплив глобальних геофізичних факторів.

**ВИСНОВКИ**

В дисертації запропонований новий підхід до дослідження динаміки обраних оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери. Результати досліджень можна викласти в наступних висновках:

1. Хімічні складові та оптичні властивості атмосфери які досліджені в даній роботі через свою здатність поглинати, розсіювати та відбивати сонячну радіацію повністю визначають температурну стратифікацію стратосфери, тому будь-які довготривалі зміни цих характеристик можуть призвести до кліматичних змін.
2. Створена сумісна база даних спостережень (супутникові і дані наземних спостережень) за досліджуваними параметрами атмосфери та спеціальне програмне забезпечення в VBA та Visual Basic для роботи з нею.
3. Розроблено спеціальну методику обробки даних, яка базується на стандартних методах математичної статистики з використанням вбудованих функцій Microsoft Excel, орієнтовану на дослідження короткоперіодичних коливань та обчислення довготермінових змін хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери.
4. Обчислено кліматичні норми загального вмісту озону, значення альбедо та аерозольного індексу для різних рівнів досліджень та виявлено відмінності між ними, які полягають у збільшенні регіональної складової та істотному запізненні фаз сезонних коливань при зменшенні площі досліджуваного регіону.
5. Змодельовано вплив глобальних геофізичних факторів на довготермінові зміни хімічних складових та оптичних властивостей атмосфери. Встановлено істотну залежність впливу цих факторів від географічного положення регіону. Виявлено, що на формування досліджуваних характеристик над територією України вирішальний вплив здійснюють такі фактори, як Північно-Атлантичне (NATL) та Південно-Атлантичне (TROP) коливання.
6. Встановлено, що багаторічна динаміка досліджуваних характеристик описується параболічними трендами, які є більш статистично значущими, ніж лінійні. Це свідчить про коливальний характер часової динаміки обраних хімічних складових та оптичних властивостей.
7. Доведено, що коливальний характер довготермінових змін ЗВО не є наслідком заходів із збереження озонового шару, які передбачені Монреальською угодою та подальшими угодами, адже мінімуми спостережених значень ЗВО мали місце через 3 – 4 роки після підписання цієї угоди, коли кількість окислів хлору ще продовжувала зростати.
8. Виявлено від‘ємні лінійні тренди значення альбедо на всіх рівнях досліджень, що вказує на постійне зменшення величини альбедо для різних за площею регіонів, а також для Земної кулі в цілому.
9. Доведено, що вплив глобальних геофізичних факторів істотно покриває вплив решти факторів, які формують сучасні зміни обраних оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери. Саме ці фактори є однією з основних причин коливального характеру цих складових та полів їх концентрації.
10. Виявлено, що сучасні зміни динаміки аерозольного індексу тісно пов’язані з виверженням вулкану Пінатубо в 1991 р, яке призвело до істотної зміни генетичної структури поля аерозолю, тобто його гомогенізації;
11. Показано, що гомогенізація аерозолю в сучасний період спричинила однотипність впливу на нього глобальних геофізичних факторів на всіх рівнях досліджень.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. **Белокриницкая Л.М.,** Калинина И.В.**, Крученицкий Г.М. Мониторинг поля общего содержания озона над Украиной средствами наземного и космического базирования // Космическая наука и технологии. – 2004. – Т. 10. – №4. – С. 96 – 103.**
2. **Дворецька І.В. Особливості сучасної динаміки концентрації аерозолів в земній атмосфері // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2006. – Вип. 5. – С. 219 – 227.**
3. Калініна І.В. Кліматичні норми загального вмісту озону // Фізична географія та геоморфологія. – 2005. – Вип. 48. – С. 257 – 263.
4. **Калініна І.В. Особливості сучасної динаміки загального вмісту аерозолю в земній атмосфері // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, присвяченої 15-й річниці незалежності України «Шевченківська весна». – 2006. – Вип. 4. – частина 1. – С. 64 – 65.**

# Калініна І.В., Крученицький Г.М., Скоробогатий Т.В. Дослідження можливості розрахунку кліматичних норм альбедо за даними супутникового зондування // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2004. – Вип. 253 – С. 120 – 130.

1. **Калініна І.В.**, Крученицький Г.М., Сніжко С.І. Вплив глобальних геофізичних факторів на загальний вміст озону над територією України // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 60 – 71.
2. **Kalinina I.**, Snizhko S., Kruchenitsky G. Climatic norms of aerosol index and its global distributions // Abstracts of AAAR 2005 Aerosol Conference. – 2005. – №8PJ4. – С. – 266 Available from: <[www.aaar.org/05AnnualConf//conf\_abstracts\_aug30\_05.pdf](http://www.aaar.org/05AnnualConf//conf_abstracts_aug30_05.pdf).>.

**АНОТАЦІЯ**

**Дворецька І.В. Динаміка окремих оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери над територією України.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.09 – метеорологія, кліматологія, агрометеорологія. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2005.

Дисертація присвячена дослідженню сучасної динаміки окремих оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери, а саме загального вмісту озону, значення альбедо та вмісту аерозолю. Для зазначених досліджень використані найбільші за часовим і просторовим охопленням та однорідні ряди даних, що представленні результатами вимірів американського супутникового приладу TOMS. Завдяки розробленій та програмно реалізованій методиці обчислення кліматичних норм для невеликих за часовим охопленням рядів даних отримано всі статистичні характеристики періодичних змін озону, альбедо та аерозолю. Виявлено, що при зменшенні площі досліджуваного регіону, збільшується регіональна складова в динаміці обраних оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери, що призводить до збільшення амплітуди коливань та істотного запізнення фаз. При дослідженні довготермінової динаміки обраних оптичних властивостей та хімічних складових атмосфери виявлено від’ємні лінійні тренди загального вмісту озону та альбедо, що вказує на сучасне зменшення цих характеристик, та додатній тренд концентрації аерозолів. Вперше в дослідженні довготермінової динаміки реалізовано спробу відокремити вплив антропогенних факторів від природних змін шляхом моделювання впливу природних процесів. Виявлено, що при врахуванні впливу глобальних геофізичних факторів параболічні тренди стають значно більш статистично значущими, аніж лінійні, що вказує на коливальний характер сучасних змін загального вмісту озону, значення альбедо та концентрації аерозолів над територією України.

**Ключові слова:** загальний вміст озону, альбедо, аерозольний індекс, глобальні геофізичні фактори, кліматичні норми, періодичні коливання, довготермінова динаміка, лінійні та параболічні тренди.

**АНОТАЦИЯ**

**Дворецкая И.В. Динамика отдельных оптических свойств и химических составляющих атмосферы над территорией Украины. –** Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.09 – метеорология, климатология, агрометеорология. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, 2007.

Диссертация посвящена исследованиям динамики отдельных оптических свойств и химических составляющих атмосферы, таких как общее содержание озона, альбедо и содержание аэрозоля. Для исследования использованы результаты измерений американского космического аппарата TOMS, которые имеют наибольшие по временному интервалу и наиболее однородные по содержанию ряды данных названых свойств. С помощью разработанной автором и программно реализованной методики нахождения климатических норм для небольших по временному интервалу рядов данных были найдены все статистические характеристики периодических изменений озона, альбедо и аэрозольного индекса. Доказано, что для данных содержания озона и величины альбедо характерно увеличение региональной составляющей при уменьшении площади исследуемого региона. Так, по результатам построения кривой сезонного хода оказалось, что наименьшие амплитуды колебаний характерны для планеты в целом, а при понижении уровня исследований происходит увеличение амплитуды колебаний и запаздывание фазы. Для динамики аэрозоля характерно полное ее изменение после извержения вулкана Пинатубо на Филиппинских островах в июле 1991 г. В результате извержения в атмосферу попало около 40 Мт однотипного по происхождению вулканического аэрозоля. В период до извержения особенности как сезонной, так и долговременной динами аэрозоля были такими же, как и для содержания озона и величины альбедо. После извержения на всех уровнях исследования обнаружено увеличение среднего значения концентрации аэрозоля (почти в 3 раза) и почти полное отсутствие сезонного хода. Последнее является следствием уменьшения значимости локальных источников аэрозоля (которые имеют сезонность действия) на фоне большой флуктуации вулканического аэрозоля.

В долговременной динамике общего содержания озона и величины альбедо обнаружены отрицательные линейные тренды, что указывает на постоянное уменьшение этих величин в атмосфере. В работе впервые сделана попытка в долговременной динамике выбранных оптических свойств и химических составляющих отделить влияние антропогенных факторов от природных изменений. С этой целью были смоделировано влияние природных процессов, таких как глобальные геофизические факторы. Сделан вывод, что именно их влияние вызывает современные изменения концентрации озона и аэрозоля, а также колебание величины альбедо. Так, сделан вывод, что при учете влияния глобальных геофизических факторов параболические тренды рядов данных становятся значительно более статистически значимыми, чем линейные, что указывает на колебательный характер современных изменений. Для данных общего содержания озона, величины альбедо и данных аэрозольного индекса до извержения Пинатубо влияние глобальных геофизических факторов не зависит от площади исследуемого региона, а зависит только от его географического положения. Именно оно указывает какие глобальные геофизические факторы и как будут оказывать свое действие. Оказалось, что для территории Украины действие глобальных геофизических факторов на 58 % обеспечивает изменение содержания озона и величины альбедо.

Для содержания аэрозоля в атмосфере характерно его увеличение в результате извержения вулкана Пинатубо, причем относительное увеличение содержания аэрозоля над территорией Украины меньше, чем над другими территориями. Это объясняется уменьшением влияния стационарных антропогенных источников начиная с 1991 г.

Полученные результаты моделирования влияния глобальных геофизических факторов показывают, что после извержения коэффициенты детерминации модели и значимые регрессоры на всех уровнях исследования совпадают. Это объясняется тем, что после извержения вся масса аэрозоля гомогенная по происхождению стала одинаково реагировать на внешнее влияние.

Таким образом, было подтверждено, что современные изменения содержания озона и аэрозоля, а также величины альбедо, в большей степени являются результатом природных процессов и имеют колебательный характер.

**Ключевые слова:** общее содержание озона, альбедо, аэрозольный индекс, глобальные геофизические факторы, сезонный ход, периодические изменения, долговременная динамика, гомогенный аэрозоль, вулкан Пинатубо, линейные и параболические тренды.

**SUMMARY**

**Dvoretska I.V. Dynamics of particular optical properties and chemical components of the atmosphere over the territory of Ukraine.** – Manuscript.

Thesis for the academic degree of a Candidate of Geographic Sciences in the specialty 11.00.09 – Meteorology, Climatology, Agricultural Meteorology. – Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, 2005.

The thesis deals with investigation of the present-day dynamics of particular optical properties and chemical components of the atmosphere, specifically: total ozone content, albedo value, and aerosol content. The aforementioned investigation has been performed using the most extensive, in terms of time- and space-coverage, and homogeneous sequences of data represented by the US TOMS satellite-derived measurement results. All statistical characteristics of ozone, albedo and aerosol periodic variations have been derived owing to the developed and software implemented procedure for calculation of normals for short, in terms of time-coverage, sequences of data. It has been established that at reduction of the investigated region area there is observed a growth of the regional component in the dynamics of selected optical properties and chemical components of the atmosphere, which results in vibration amplitude increase and a considerable phase delay. Investigation of a long-term dynamics of selected optical properties and chemical components of the atmosphere has revealed negative linear trends of total ozone and albedo, which is evidence of the present-day abatement of these characteristics, and a positive trend of aerosol concentration. For the first time in a long-term dynamics investigation, there has been made an attempt to separate the impact of anthropogenic factors from environmental changes by simulating the impact of natural processes. It has been ascertained that allowing for the impact of global geophysical factors, the parabolic trends become more statistically significant than the linear ones, which is evidence of a fluctuating nature of contemporary changes in total ozone content, albedo value, and aerosol concentration over the territory of Ukraine.

**Key words:** total ozone content, albedo, aerosol index, global geophysical factors, normals, periodic fluctuations, long-term dynamics, linear and parabolic trends.

## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>