

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА

ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

На правах рукопису
УДК 551.515.4(477)

ГРОЗИ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ І МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ, ЩО
ЇХ СУПРОВОДЖУЮТЬ

Галузь знань *10 – Природничі науки*

Спеціальність *103 – Науки про Землю*

Освітня програма *Метеорологія*

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента 4-го курсу
освітнього рівня бакалавр
Штупуна Івана Михайловича

Науковий керівник:
кан. географ. н. Затула Василь Іванович

Допустити до захисту:

завідувач кафедри, канд. геогр. н., доц. Затула В.І.

« ___ » _____ 2024 р.

КИЇВ – 2024

Анотація

У цій роботі вивчаються грози в Київській області та пов'язані з ними умови. Основною метою дослідження було визначення особливостей просторового та сезонного розподілу грозової активності в регіоні, а також аналіз впливу конвекційних індексів на кількість днів із грозами на досліджуваній території.

У першому розділі розглядаються теоретичні аспекти формування гроз в Україні, зокрема, поняття конвективних явищ та грози, синоптичні та фізичні умови утворення гроз, а також основні види та характеристики грозової діяльності.

Другий розділ присвячений аналізу просторового та сезонного розподілу грозової активності в Київській області. Розглядаються просторові особливості грозової активності, сезонні відмінності повторюваності гроз та динаміка їх розподілу в регіоні.

У третьому розділі досліджується вплив атмосферної нестійкості на повторюваність грозової діяльності. Описано основні індекси нестійкості атмосфери, їх зв'язок з кількістю днів з грозою для Києва, а також динаміка цих індексів, що впливають на кількість грозових днів у місті Київ.

Ключові слова: грозова активність, Київська область, метеорологічні станції, конвекція, динаміка повторюваності, індекси нестійкості.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ГРОЗ В УКРАЇНІ	7
1.1.Визначення поняття конвективних явищ та грози	7
1.2. Синоптичні та фізичні умови утворення грози. Стадії розвитку	9
1.3.Основні види та характеристики грозової діяльності.....	13
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1. Характеристика території дослідження.....	18
2.2. Вихідні дані та методика дослідження.....	19
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ ГРОЗОВОЇ АКТИВНОСТІ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ	23
3.1. Просторовий розподіл грозової активності на Київщині.....	23
3.2 Сезонні особливості повторюваності грозової активності на досліджуваній території	27
3.3. Динаміка повторюваності грозової активності в Київській області.....	32
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ НЕСТІЙКОСТІ АТМОСФЕРИ НА ПОВТОРЮВАНІСТЬ ГРОЗОВІ ДІЯЛЬНОСТІ	38
4.1. Опис індексів нестійкості атмосфери	38
4.2. Зв'язок кількості днів з грозою з параметрами конвекції для Києва.....	45
4.3. Динаміка індексів нестійкості, що впливають на кількість грозових днів в місті Київ	48
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54
ДОДАТКИ	58

ВСТУП

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю зрозуміти процеси, що відбуваються в атмосфері, при формуванні та розвитку грози, оскільки ці природні явища можуть спричиняти значні матеріальні збитки та небезпеку для життя людей. Досить часто грози в Україні супроводжуються сильними вітрами, дощами та градом, які можуть завдати значних збитків сільському господарству, інфраструктурі та особистому майну. Грози також впливають на роботу різних сфер людської діяльності: авіаційного та морського транспорту, енергетики, телекомунікацій тощо.

У контексті кліматичних змін, науковці вважають, що грози можуть ставати все частішими та сильнішими. Такі прогнози додають необхідності вивчати це природне явище для розробки ефективних методів моніторингу та прогнозування грозової активності, що допоможе мінімізувати можливі ризики.

Також, розробка науково-обґрунтованих методів прогнозування гроз відкриває нові можливості для розробки технологій та інноваційних рішень в сферах економіки та безпеки, що значно підвищує соціальну та наукову значимість даного дослідження.

Тому глибоке розуміння процесів, що відбуваються під час гроз, а також умов, що сприяють їх формуванню, є критично важливим для розробки ефективних систем прогнозування та запобігання негативним наслідкам грозової діяльності.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження метеорологічних умов, що впливають на формування та розвиток гроз.

Для досягнення цієї мети передбачається вирішення **завдань**:

– вивчити наукову літературу з теми дослідження для розуміння теоретичних аспектів формування гроз та метеорологічних умов, що супроводжують цей процес;

- проаналізувати статистичні дані щодо грозової активності в Київській області для визначення найбільш грозових регіонів та розробки узагальненої картини розподілу грозової активності;
- дослідити сезонні особливості та визначити динаміку повторюваності кількості грозових днів в області;
- розкрити вплив нестійкості атмосфери на повторюваність грозової активності в Києві;
- проаналізувати динаміку індексів нестійкості в місті.

Об'єктом даного дослідження є процес формування та розвитку гроз.

Предметом дослідження є метеорологічні умови, які сприяють формуванню та розвитку гроз в Київській області.

Для реалізації мети та виконання завдань дослідження у роботі використовуються емпіричні та теоретичні **методи дослідження**:

- аналітичний метод - для аналізу наукової літератури та дослідницьких робіт з даної тематики для зрозуміння теоретичних аспектів формування гроз і визначення впливу метеорологічних параметрів на цей процес;
- статистичний метод - для аналізу даних щодо частоти та інтенсивності грозових явищ в Київській області;
- синтетичний метод - для узагальнення отриманих результатів і розробки висновків;
- прогностичний метод - для оцінки можливого впливу змін в метеорологічних умовах на частоту та інтенсивність грозової активності

В основі досліджень лежать щоденні дані спостережень метеорологічних станцій Київської області та аерологічної станції Київ. Середні за місяць дані про кількість днів з грозою та про значення індексів конвекції отримані у відділі прикладної метеорології та кліматології Українського гідрометеорологічного інституту.

Структура кваліфікаційної роботи: робота складається зі вступу, чотирьох розділів та одинадцятьох підрозділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел, додатків та містить у собі 6 таблиць, 3 рисунків та 8 графіків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ГРОЗ В УКРАЇНІ

1.1. Визначення поняття конвективних явищ та грози

Конвективні явища - це процеси переносу тепла та маси в атмосфері, океанах або інших рідинах та газах, що відбуваються завдяки руху потоків цих середовищ. У метеорології конвекція часто асоціюється з вертикальним переміщенням теплого повітря вгору, що може призводити до формування хмар, грозових фронтів та інших погодних явищ. Коли тепле повітря піднімається вгору, воно охолоджується, волога в ньому конденсується, формуючи хмари та, потенційно, опади [2].

Конвекція в атмосфері може бути спричинена різними факторами, включаючи нагрівання поверхні землі сонцем, яке викликає розширення та зменшення густини повітря, що призводить до його підняття. Інші фактори, такі як топографічні особливості (гори, долини) або фронтальні зони (зіткнення холодного та теплого повітря), також можуть сприяти конвективним процесам.

Конвекція є ключовим елементом в багатьох природних системах і впливає на погодні умови, клімат, циркуляцію океанів та навіть на геологічні процеси в земній корі. Конвективні явища можуть варіюватися за масштабами від дрібних місцевих бурь до великих атмосферних циркуляцій, які охоплюють цілі континенти або океанські басейни.

Гроза - це природне явище, яке відноситься до типу активних метеорологічних умов і характеризується різкими змінами атмосферного тиску, високою вологістю повітря, сильними поривами вітру, а також супроводжується інтенсивними атмосферними опадами (дощем, градом) і електричними розрядами, що проходять між хмарами або між хмарою і землею [5].

Електричні розряди в грозовій хмарі породжують звукові хвилі, які ми сприймаємо як грім, а світлові ефекти, спричинені цими розрядами, видимі як

блискавки. Крім того, грози супроводжуються погодними ефектами, такими як сильний вітер, шквали, опади у вигляді дощу або граду.

Грози можуть мати місцевий характер або входити до складу широкого фронту негоди. Вони можуть мати значний вплив на різні аспекти життєдіяльності людства, включаючи, наприклад, сільське господарство, транспорт, енергетику, телекомунікації і багато інших. Помітні атмосферні опади та різке охолодження повітря під час грози можуть спричинити швидкі повені, зсуви ґрунту, повалення дерев. Часто грозові умови супроводжуються підвищеною небезпекою для людини та її матеріальних цінностей.

Гроза є конвективним явищем. Під конвективними явищами розуміється хмарність купчастих форм, грози, зливи, шквали, смерчі тощо.

Основна причина розвитку конвективних явищ - це потоки конвекції, що можуть досягати декількох десятків $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Необхідною умовою є нестійка стратифікація атмосфери [5].

Грози виникають завдяки конвективним процесам у вологому повітрі, коли нестабільна стратифікація сприяє їх розвитку. Важливою умовою для формування гроз є наявність сильної купчасто-дощової хмарності. Для виникнення гроз необхідні такі сприятливі умови: високий вміст вологи у повітрі як на землі, так і на великих висотах; значна нестабільність атмосфери, що виявляється через великі вертикальні температурні градієнти без потужних інверсійних шарів чи ізотермії під час піку конвекції; відносно низьке розташування ізотерми $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, де відбувається інтенсивна кристалізація; велика вертикальна протяжність купчасто-дощових хмар, верхні межі яких досягають висоти ізотерми $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; неоднорідності поверхні, які сприяють розвитку динамічної або термічної конвекції. Грози зазвичай супроводжуються зливовими опадами та шквалами. У випадку сухості нижнього шару повітря гроза не супроводжується опадами (сухі грози). Розрізняють грози, що виникають всередині маси повітря та фронтальні грози, які відповідають за внутрішньомасові та фронтальні опади.

Внутрішньомасові грози трапляються влітку в умовах вологих нестабільних повітряних мас при високій вологості біля землі (понад 12 г/кг) та сильному денному нагріванні приземного шару повітря [20].

Такі умови зустрічаються в нечітко визначених баричних полях, у слабких та заповнюваних циклонах, іноді в теплих секторах циклонів та на західних окраїнах антициклонів. Фронтальні грози найчастіше асоціюються з повільно рухомими холодними фронтами та розмитими оклюзійними фронтами, коли висока вологість та значна нестабільність атмосфери до великих висот сприяють денному нагріванню земної поверхні та розвитку конвекції. Грози також часто виникають під час проходження теплих фронтів, зокрема вночі, якщо повітряна маса за фронтом достатньо нестабільна [5].

1.2. Синоптичні та фізичні умови утворення грози. Стадії розвитку

Грози виникають через нестабільність в атмосфері, яка проявляється через інтенсивні вертикальні потоки вологого повітря за умови значних температурних градієнтів, що призводить до створення сильних купчастих та купчасто- дощових хмар. Основним механізмом, який сприяє появі гроз в однорідних атмосферних масах, є термічна конвекція, яка може діяти самостійно або в комбінації з динамічною конвекцією та впливом місцевості на орографію. В помірних широтах спостереження за грозовою активністю зазвичай здійснюється в теплу пору року і пов'язане з хмарами, що розвиваються внаслідок атмосферної конвенції. Зимові грози, частота яких є дуже низькою, також пов'язані з областями, де конвекція відбувається на тлі шаруватих хмар. Залежно від особливостей синоптичного розташування, що сприяє розвитку гроз, існують два основні типи гроз: внутрішньомасові та фронтальні. Фронтальні грози зустрічаються частіше за внутрішньомасові і зазвичай мають більшу силу [12].

Приблизно 70% усіх гроз виникають через фронтальні процеси, переважно пов'язані з холодним фронтом. Ймовірність виникнення гроз залежить від стратифікації та вологості теплої повітряної маси. Зниження барометричних

градієнтів у передфронтальній області та падіння атмосферного тиску перед фронтом сприяють грозовій активності. Незважаючи на відмінності у синоптичних умовах для розвитку фронтальних та внутрішньомасових гроз, можна визначити ключові фактори для прогнозування грозової активності у конкретному регіоні. Найбільш точне визначення цих умов можливе за допомогою аналізу даних вертикального зондування атмосфери, використовуючи аерологічні діаграми та карти баричної топографії.

Ключовими аспектами, які впливають на процес створення грозових хмар та активність гроз, є:

- рівень конвективної нестабільності в атмосфері, що визначається шляхом аналізу стратифікації атмосферного повітря та мірою нагрівання приземних шарів повітря протягом дня;
- обсяг вологи, що переміщується з нижніх шарів у верхні рівні атмосфери, де відбувається формування грозових хмар;
- розподіл вологи у вертикальному напрямку і ступінь насиченості водяною парою вищих шарів атмосфери.

Додатково, на розвиток грозових явищ впливають:

- конвергенція та дивергенція повітряних потоків на різноманітних висотах;
- впорядковані вертикальні переміщення повітря;
- характеристика адвекції на різних атмосферних рівнях;
- унікальні орографічні та топографічні особливості регіону [4].

Явище грози характеризується утворенням хмар, які супроводжуються електричними розрядами, відомими як блискавки, та звуковим ефектом, званим громом. Блискавка являє собою іскровий електричний розряд між зарядженими частинами різної полярності. Такі розряди можуть відбуватися в межах однієї хмари, між двома хмарами, а також між хмарою та поверхнею Землі. Ключовою передумовою для появи грозової активності є присутність вертикальних потоків

у атмосфері, які сприяють формуванню конвективних хмар великої товщини та наявності кристалів льоду у верхніх шарах таких хмар.

У цих хмарах проходять складні процеси, що включають зростання хмарних крапель і гідрометеорів, їх переміщення та акумуляцію, а також накопичення електричних зарядів і тиск, які взаємопов'язані. Незважаючи на наявність численних теоретичних моделей, що описують розвиток грозових хмар, загальноприйнята теорія, яка б пояснювала механізм утворення зарядів у конвективних хмарах, досі не розроблена через брак точних даних про основні властивості грозових хмар та їх динаміку[26].

Розподіл електричних зарядів та утворення заряджених зон у грозових хмарах здебільшого зумовлені гравітаційними силами та висхідними потоками, при цьому генерація зарядів відбувається неперервно [18, с.103]. Найбільш ефективними є процеси електризації під час розпаду крапель у електричному полі, особливо при їх взаємодії з льодовими частками, такими як снігова крупа чи град.

Електричні заряди, зокрема об'ємні, у хмарах генерують електричні поля всередині та навколо хмар, істотно змінюючи звичайне атмосферне електричне поле. У верхніх шарах хмари, де відбувається електризація льодяних кристалів, дрібні частки набувають позитивного заряду і розміщуються вище, в той час як важчі частинки з негативним зарядом переміщуються нижче. Ізотерма -12°C слугує межею між льодяною та водяною фазами, а також розділяє позитивні і негативні заряди. У передній частині хмари переважають потужні висхідні потоки, які збирають великі краплі, формуючи значний об'ємний позитивний заряд. Дрібні краплі з негативним зарядом, що утворюються внаслідок їх розпаду, переміщуються до середньої та задньої частин хмари, створюючи там негативні об'ємні заряди. У купчасто-дощових хмарах центри зарядів розташовуються на відстані декілька кілометрів один від одного, а сила електричного поля може досягати сотень мільйонів вольт. Блискавка утворюється, коли напруга електричного поля в хмарі перевищує поріг пробоя, що й запускає процес грози.

Грім виникає водночас з блискавкою, але через різницю у швидкостях поширення світла (300 000 км/с) та звуку (близько 330 м/с), спочатку ми спостерігаємо блискавку, а після — чуємо грім. Якщо час між блискавкою та громом не перевищує 10 секунд (що відповідає відстані приблизно до 3 км), то грозу вважають близькою. У певних умовах грім можна почути на відстані 10...20 км. Явище, коли бачимо спалахи блискавок, але не чуємо грому, називається зірницею і частіше спостерігається вночі [13].

Протягом свого існування грозова хмара проходить кілька фаз, кожна з яких має унікальну інтенсивність конвективних процесів, структуру та електричні характеристики. Загальноприйнята модель розвитку грози включає три основні етапи.

На початковому етапі відбувається формування хмари, яке триває до моменту, коли починається дощ. Цей період характеризується перетворенням звичайної купчастої хмари на потужну купчасту хмару з нижньою межею від 800 до 1500 метрів та верхньою межею між 3 та 5 кілометрами. Вертикальні потоки всередині хмар можуть сягати швидкості до 15-20 м/с, тоді як низхідні потоки залишаються слабкими. Цей етап вважається найменш небезпечним для авіації, з можливістю слабкої або помірної турбулентності та обмерзання.

Етап зрілої хмари настає з початком опадів і триває до її розпаду, під час якого нижня межа хмари опускається до 300-500 метрів, а верхня межа може досягати 8-15 кілометрів або навіть тропопаузи. Верхня частина хмари формує структуру, схожу на ковадло. На цій стадії спостерігаються інтенсивні дощі, електричні розряди і можливий град. Турбулентність всередині хмари сильна або дуже сильна, а також сильне. Вертикальні потоки можуть досягати швидкості до 50 м/с, а потоки на краях хмари – до 30 м/с. Біля землі у передній частині хмари можуть формуватися шквали чи смерчі, що робить цю стадію найбільш небезпечною для польотів, які в таких умовах строго заборонені [13].

Етап розсіювання триває з моменту, коли хмара починає розпадатися, і закінчується, коли вона переходить у хмари іншого типу. Зазвичай на цьому етапі формуються хмари різних рівнів, які не мають значної вертикальної

розрядженості та мінімальну небезпеку для авіації. Вертикальні потоки в цих хмарах рухаються як вгору, так і вниз, але їх швидкість зазвичай не перевищує 5 метрів за секунду. У таких умовах можлива слабка турбулентність та незначне.

Середня тривалість існування грозової хмари близько 5 годин. Проте всі три фази розвитку можуть пройти за одну годину, хоча іноді процес розвитку може займати до 10 годин і більше.

1.3. Основні види та характеристики грозової діяльності

Внутрішньомасові грози виникають через конвективні процеси у теплих повітряних масах, які перебувають у регіонах зі слабким градієнтом тиску, незалежно від того, чи це області підвищеного, чи зниженого тиску, а також у холодних повітряних масах, що контактують з теплою поверхнею. Переважно ці грози спостерігаються на континентальній території в літній період і активізуються головним чином у другій половині дня, коли температура біля землі досягає свого піку, і зазвичай стихає ввечері. Над морськими акваторіями такі явища частіше відбуваються взимку та вночі.

Типові умови для появи внутрішньомасових гроз включають задню частину циклону, а також слабкі поля тиску, як підвищеного, так і зниженого. У південних регіонах України грозові хмари можуть досягати вертикальної потужності до 8-10 км, наближаючись до тропопаузи. У інших частинах країни грозова активність проявляється слабше через те, що хмари розвиваються лише до висоти 4-5 км, вище якої можуть знаходитися інгібуючі інверсійні шари [30].

Як уже зазначалося, внутрішньомасові адвективні грози частіше за все розвиваються в тилкових частинах циклонів і улоговинах (70%), але також можуть виникати на східних окраїнах антициклонів при значному переміщенні вологих повітряних мас з півночі на південь. Грози є більш ймовірними в помірних повітряних масах порівняно з арктичними. З проходженням холодного повітря в південні широти, ймовірність гроз збільшується через більш інтенсивне

нагрівання повітря та руйнування інверсійних шарів у середній тропосфері [9, с.90].

Внутрішньомасові грози класифікуються як конвективні (або теплові), адвективні, та орографічні.

Конвективні, або теплові грози, часто починаються в областях з розмитим баричним полем у другій половині дня. Такі грози характеризуються компактними розмірами та повільним переміщенням, приблизно 10-15 км на годину, та можуть призводити до сильних злив, граду, та інтенсивної активності блискавок. Перед грозою може спостерігатися короточасне збільшення швидкості вітру, в той час як загалом вітер залишається слабким. Температура повітря на поверхні землі зазвичай висока, перевищуючи 22-25 °С, що робить ці грози легшими для обходу під час польоту через їх обмежені розміри.

Адвективні грози формуються після переходу холодних фронтів у масах морського помірного повітря і відрізняються здатністю до розвитку навіть при низьких температурах, а також високою швидкістю переміщення. Центри адвективних гроз зазвичай є ізольованими.

Орографічні грози виникають не тільки в гірських районах, але й у місцевостях з пагорбами, де специфіка рельєфу та напрямок повітряних потоків сприяє зростанню вертикальних потоків у повітрі.

Фронтальні грози виникають, коли тепле вологе повітря витісняється наступаючим потоком холоднішого повітря. Область, де активізується грозова активність, зазвичай простягається вздовж фронту на сотні кілометрів та перетинає фронт на кілька десятків кілометрів. Оптимальні умови для інтенсивного формування купчасто-дощових хмар, що супроводжуються сильними грозами та зливами, з'являються при розходженні потоків повітря на великих висотах [8].

Під час процесу формування фронту відбуваються вертикальні переміщення, які захоплюють широкі вертикальні шари атмосфери. Ці переміщення спричиняють деформацію тропопаузи та втягування стратосферного повітря у тропосферу біля фронтальної зони, в той час як

тропосферне повітря піднімається з правої сторони від осі струминного потоку (у теплій частині тропосферного фронту). Таким чином, формування тропосферного фронту відіграє значну роль у обміні між стратосферою та тропосферою.

Грози можуть виникати при переміщенні атмосферних фронтів різних типів. На холодному фронті вони асоціюються з інтенсивним витісненням теплого вологого повітря з нестабільною стратифікацією повітря, що піднімається вище за холодний повітряний вал. Грозові хмари на холодних фронтах зазвичай досягають висоти тропопаузи або навіть вище. Уздовж лінії фронту формується смуга конвективних хмар, а за приземним холодним фронтом можуть формуватися конвективні осередки, часто на тлі ясного неба.

На території Східної Європи 69% фронтальних гроз припадає на холодні fronti та оклюзійні холодні fronti, тоді як 31% - на теплі fronti та оклюзійні теплі fronti.

Грози, що виникають на теплих фронтах над Україною, зустрічаються відносно рідко, при цьому їх активність найвища у вечірні та нічні періоди. Це відбувається, коли циклони переміщуються з південних та південно-західних напрямків, переносячи з собою вологе тропічне повітря до їх теплих секторів. Зі збільшенням висоти над фронтальною зоною, тепле повітря стає більш нестабільним, що викликає конвективні процеси. Такі явища особливо характерні для теплих фронтів, асоційованих із циклонами, та баричними улоговинами. Конвективні хмари, які формуються паралельно теплому фронту, розвиваються на тлі шаруватої хмарності, створеної загальним висхідним рухом у фронтальній зоні. Ланцюги цих конвективних хмар можна чітко побачити на супутникових зображеннях, хоча вони можуть бути приховані від очей наземних спостерігачів. Швидкість висхідних потоків зазвичай становить кілька десятків метрів за секунду, а умови для розвитку конвекції у вологому повітрі, що піднімається, формуються через потенційну нестабільність, спричинену переміщенням холоднішого повітря з боку холодного фронту на висотах 700...500 гПа [11, с. 20].

Грози також часто відзначаються на оклюзійних фронтах, особливо тих, що мають характеристики холодного фронту. В таких ситуаціях більш холодне повітря витісняє менш холодне, проникаючи під тепле повітря та викликаючи його підймання. Це призводить до формування масивного валу купчасто-дощових хмар за лінією фронту, хмари якого можуть сягати дуже великої вертикальної розвиненості, особливо коли фронт оклюзії утворюється у центрі циклону.

Сильні грози, які включають зливи з градом, шквали, а іноді й смерчі, заслуговують на особливу увагу. Ці екстремальні погодні явища часто формуються у районах невеликих хвильових порушень, де присутній виражений контраст температур. У районах з теплим повітрям денні температури зазвичай понад 30...35 °С, тоді як у холодніших областях температури варіюються від 16 до 22 °С. Масивні грозові хмари з зливами формуються в основному у центрі або поблизу центра такого збурення в другій половині дня.

Під час грозових злив також спостерігаються електричні розряди у вигляді блискавок, як між хмарами, так і між хмарами та землею, а також раптове зміцнення вітру, що може проявлятися як у формі горизонтальних вихорів (шквалові ворота), так і іноді у формі вертикальних (смерчі) [10].

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто ключові теоретичні аспекти, що стосуються формування гроз на території України. Головні висновки можна підсумувати наступним чином. Конвективні явища є основним механізмом переносу тепла і маси в атмосфері, що призводить до формування різноманітних погодних умов, включаючи грози.

Конвекція викликає підняття теплого повітря, яке охолоджується, конденсується та формує хмари. Грози є типовими конвективними явищами, що

супроводжуються електричними розрядами (блискавками), звуковими ефектами (громом), інтенсивними опадами та шквалами.

Грози формуються через нестабільність атмосфери, яка виникає внаслідок значних вертикальних температурних градієнтів і високої вологості. Основними етапами розвитку грози є: формування хмари, зріла фаза та стадія розсіювання. Кожна з цих стадій має свої унікальні характеристики і ризики, особливо для авіації. Грози можуть виникати при різних типах атмосферних фронтів, зокрема холодних та теплих фронтах, а також на оклюзійних фронтах. Грози класифікуються на внутрішньомасові та фронтальні.

Внутрішньомасові грози виникають у теплих повітряних масах і зазвичай спостерігаються влітку. Фронтальні грози частіше асоціюються з холодними фронтами і мають більшу інтенсивність. Вони можуть спричиняти значні погодні явища, такі як зливи, градини та шквали.

Особливу увагу варто звернути на сильні грози, які супроводжуються екстремальними погодними умовами, включаючи смерчі та шквали, що можуть мати серйозні наслідки для життєдіяльності населення та інфраструктури [28].

Таким чином, вивчення теоретичних аспектів формування гроз дозволяє глибше розуміти механізми їх виникнення та розвитку, що є ключовим для розробки ефективних методів прогнозування та запобігання їх негативним наслідкам.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика території дослідження

Київська область розташована на півночі України (рис 2.1) в басейні середньої течії Дніпра, більшою частиною на Правобережжі. Київщина займає площу 28,1 тис. км² (без м. Києва), що становить 4,7 % площі України (з м. Києвом –28,9 тис. км²). Територія її витягнута з півночі на південь. В центрі Київської області розташована столиця України місто Київ. Рельєф Київської області хвилясто-рівнинний, розчленований річковими долинами, ярами й балками із загальним похилом до долини Дніпра [17].



Рис. 2.1. Розташування Київської області на карті України

Джерело: [11]

Основні риси рельєфу, кліматичних і ландшафтних умов, параметри гідрологічного режиму, характер рослинності та ґрунтів Київщини визначили особливості географічного положення території області на межі двох природних зон - Полісся і Лісостепу.

Клімат Київської області помірно континентальний, м'який, з достатньою вологістю. Зима тривала, порівняно тепла; літо – достатньо тепле й вологе. Пересічна температура січня на Півночі – 6,5°, в центральній частині – 5,8°, на Півдні – 6,1°, липня – відповідно +19,2, +19,5, +20,1°. Тривалість безморозного періоду 160–165 днів. Період з температурою понад +10° становить від 155 днів на Поліссі до 160–165 днів на Півдні і Сході області, сума активних температур від 2480° на Півночі і до 2700° на Півдні. Опадів 500 – 600 мм на рік, на крайньому Півдні – 400–500 мм. Максимальна кількість їх (близько 40 %) випадає влітку. Сталий сніговий покрив (пересічна висота 25–30 см, крайньому Півдні – 15–20см) встановлюється в середині грудня, сходить у кінці березня. Серед несприятливих кліматичних явищ – інтенсивні зливові дощі з грозами, град, бездошові періоди, суховії (до 5–10 днів), пилові бурі влітку, льодова кірка, ожеледь тощо. Північна частина Київської області лежить у вологій помірно теплій, південна – у недостатньо вологій, теплій агрокліматичній зонах [20].

2.2. Вихідні дані та методика дослідження

Для виконання задач даної роботи, було використано дані спостережень метеорологічних станцій Київської області та аерологічної станції Київ для восьми метеорологічних станцій розташованих в Київській області. Середні за місяць дані про кількість днів з грозою та про значення індексів конвекції отримані у відділі прикладної метеорології та кліматології Українського гідрометеорологічного інституту.

Для характеристики сучасного режиму грозової діяльності над Київською областю обраний період з 1991 по 2020 рр., а у якості вихідної інформації залучені дані метеорологічних спостережень над 8 станціями (таб. 2.1): Київ, Баришівка, Бориспіль, Біла Церква, Миронівка, Тетерів, Фастів, Яготин. Ці станції представляють різні частини області, що дозволяє отримати комплексне уявлення про просторовий розподіл та варіабельність грозової активності в регіоні. Вибрані метеорологічні дані забезпечують надійну основу для аналізу змін кліматичних умов та тенденцій грозової діяльності протягом останніх трьох десятиліть.

Таблиця 2.1. Метеорологічні станції Київської області

№ з/п	Назва метеостанції	Координати		Висота над рівнем моря, м	Райони, для яких репрезентативна інформація метеостанцій
		широта	довгота		
1.	Київ	50° 24'	30° 32'	166	К-Святошинський
2.	Баришівка	50° 21'	31° 20'	98	Баришівський
3.	Бориспіль	50° 20'	30° 58'	121	Бориспільський, Броварський
4.	Біла Церква	49° 50'	30° 06'	179	Білоцерківський, Володарський, Сквирський, Ставищенський, Таращанський, Тетіївський
5.	Миронівка	49° 39'	31° 05'	151	Богуславський, Кагарлицький, Миронівський, Рокитнянський
6.	Тетерів	20° 42'	29° 35'	132	Бородянський, Макарівський
7.	Фастів	50° 04'	29° 55'	208	Васильківський, Обухівський, Фастівський
8.	Яготин	50° 13'	31° 48'	126	Згурівський, П.- Хмельницький, Яготинський

Джерело: [21]

Обробка даних, обчислень та побудови графіків була використана програма Microsoft Excel 16.0 та STATISTICA 8.0

Основні результати отримано завдяки застосуванню стандартних методів кліматології: обробка метеорологічної інформації, методи синоптичного аналізу та методи розрахунку. Для поставлених завдань кваліфікаційної роботи було використано такі методи: порівняльний, регресійний, аналітичний, кореляційний.

Порівняльний метод включає зіставлення даних з різних джерел або за різні періоди часу для виявлення змін і тенденцій. Для порівняння періоду грозової активності з 1991 по 2020 роки в Київській області були проаналізовані середні показники кількості грозових днів за період з 1961 по 1990 рік. Варто підкреслити, що період з 1961 по 1990 роки є встановленою кліматичною нормою.

Регресійний метод використовується для встановлення залежностей між метеорологічними параметрами. Використовуючи програмне забезпечення, було побудовано регресійні моделі, які описують динаміку кількості грозових днів від 1991 по 2020 рр.

Аналітичний метод включає систематичний підхід до вивчення метеорологічних даних з метою виявлення ключових факторів і закономірностей. У цьому дослідженні аналітичний метод застосовувався для аналізу середніх показників кількості грозових днів та індексів нестійкості атмосфери в Київській області.

Кореляційний метод використовується для оцінки взаємозв'язків між різними метеорологічними параметрами. У контексті даного дослідження, матриця кореляцій застосована для визначення зв'язку між індексами нестійкості атмосфери та середньою кількістю днів з грозою в Київській області.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було досліджено кліматичні та ландшафтні умови Київської області, особливості грозової діяльності в регіоні, а також методи,

використані для аналізу метеорологічних даних. Київська область має помірно континентальний клімат із достатньою вологістю, що характеризується тривалими, порівняно теплими зимами та теплим, вологим літом.

Використання стандартних методів кліматології, таких як обробка метеорологічної інформації, методи синоптичного аналізу та методи розрахунку, дозволило отримати надійні результати. Основними методами дослідження були порівняльний, регресійний, аналітичний та кореляційний, що забезпечило систематичний підхід до вивчення метеорологічних даних і виявлення ключових факторів та закономірностей.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ ГРОЗОВОЇ АКТИВНОСТІ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1. Просторовий розподіл грозової активності на Київщині

Розуміння просторового розподілу грозової активності є ключовим для дослідження кліматичних умов і прогнозування погодних явищ на регіональному та глобальному рівнях. Грози, як одне з найбільш динамічних атмосферних явищ, можуть значно відрізнятися за частотою та інтенсивністю в різних географічних регіонах.

Для усього населення планети грози створюють умови складної метеорологічної обстановки. Згідно [7] будь-яка гроза формує жовтий рівень небезпеки, тобто це небезпечне метеорологічне явище I рівня небезпечності (НМЯ I). Отже за характером впливу на життєдіяльність суспільства гроза є явищем погоди, яке створює певні незручності для населення та функціонування господарського комплексу країни.

Однією з найважливіших статистичних кліматичних характеристик є середнє багаторічне число днів з грозою. Цей показник дозволить виявити основні тенденції та зміни в просторовому розподілі гроз за останні десятиліття.

Для порівняння періоду грозової активності 1991-2020 років в Київській області було взято данні середніх показників грозових днів з 1961 року по 1990 рік (табл. 3.1.). Треба зазначити, що період 1961-1990 рр. вважається кліматичною нормою. Днем з грозою вважався день, протягом якого спостерігається хоч би одна гроза, незалежно від її тривалості. Якщо протягом дня гроза спостерігалась декілька разів із перервами, то загальна тривалість грози в цей день підсумовувалась.

За період дослідження над територією Київської області у 1991-2020 рр. у середньому спостерігалось 225 випадків грози на рік. Частіше за все грози виникали в Миронівці – 33,7 випадків, а також у Білій Церкві та Тетереві - 30,3

та 29,3 випадків відповідно. Мінімальна грозова активність відмічалася у Яготині– 23,9 на рік у період 30-ти років.

Таблиця 3.1. Середня кількість днів з грозою над Київською областю за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр.

Станція	1961-1990 рр.	1991-2020 рр.	Різниця, дні	Різниця, %
Київ	25,7	25,9	-0,2	-0,8%
Баришівка	30,6	28,5	2,1	6,9%
Бориспіль	29,4	27,4	2	6,8%
Біла Церква	32,1	30,3	1,8	5,6%
Миронівка	28,2	33,7	-5,5	-19,5%
Тетерів	31	29,1	1,9	6,1%
Фастів	27,7	26,2	1,5	5,4%
Яготин	25,9	23,9	2	7,7%

Джерело: сформовано автором на основі даних з УкрГМІ

У 1961-1990 роках в області було виявлено 230,6 грозових днів на рік. За цей період осередком з найбільшою кількістю грозових днів була Біла Церква з середнім показником у 32,1 випадків на рік, а також Тетерів та Баришівка – 31 та 30,6 випадків відповідно. Найменшу кількість грозових днів у цей період мав Київ – 25,7 випадків.

Розподіл грозової активності по регіонах залишився відносно стабільним, з найвищими показниками в Миронівці, Білій Церкві та Тетереві. Незважаючи на зменшення середньої кількості днів з грозами, осередки з найвищою та найнижчою активністю залишаються подібними між двома досліджуваними періодами.

З цього випливає, що протягом останніх десятиліть параметри грозової активності показує незначне зменшення загальної кількості грозових днів від значень кліматичної норми (усередненого значення за період 1961–1990 рр.) (див рис. 3.1). Лінійчата діаграма для порівняння інтенсивності сучасної грозової діяльності з кліматичним періодом (1961- 1900 рр.) занесена в Додатки (Додаток А).

Треба зазначити, що спостерігається незначна варіабельність у кількості днів з грозами за досліджуваними періодами. Немає чіткої тенденції до збільшення чи зменшення кількості грозових днів за ці періоди (див рис. 2.2).

Незначні зміни в кількості днів з грозами свідчать про те, що глобальні кліматичні тенденції не завжди мають прямий або значний вплив на локальні погодні явища. Проте, подальше спостереження і аналіз є необхідними для виявлення довгострокових тенденцій і розробки адаптаційних стратегій для зменшення ризиків, пов'язаних з екстремальними погодними умовами.

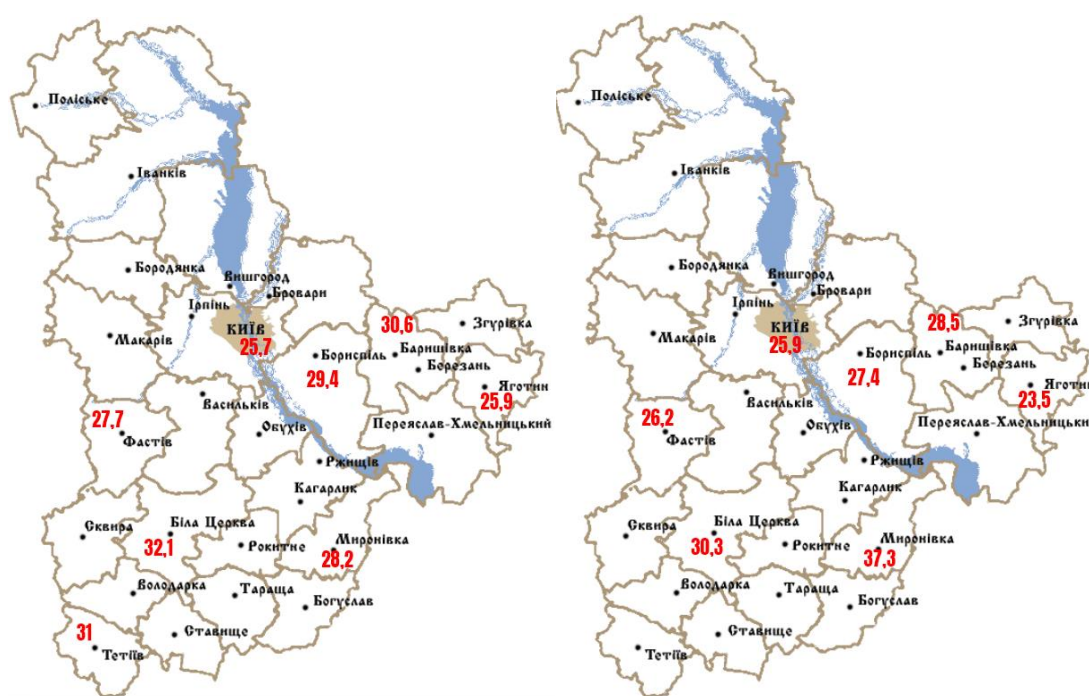


Рис. 3.1. Розподіл грозової активності в Київській області (1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.)

Джерело: сформовано автором

Аналіз середньої кількості днів з грозами над територією Київської області за періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. виявив важливі зміни у грозовій активності. Миронівка демонструє значне збільшення середньої кількості днів з грозою, яка зросла на 5,5 випадків або 19,5%. Це свідчить про помітне підвищення грозової активності в цьому регіоні за останні три десятиліття.

У Києві спостерігається найменше збільшення, з різницею у 0,2 випадки або 0,8%. Це вказує на відносну стабільність грозової активності в столиці протягом досліджуваних періодів.

На противагу цьому, інші шість станцій виявляють тенденцію до зменшення кількості днів з грозами у період 1991-2020 рр. Найбільше зменшення спостерігається у Баришівці (на 6,9%), Борисполі (на 6,8%) та Яготині (на 7,7%). Це свідчить про значне зниження грозової активності в цих регіонах, що може бути обумовлене змінами локальних кліматичних умов або іншими факторами.

Загалом, дані свідчать про регіональні відмінності у змінах грозової активності, що підкреслює важливість локальних досліджень для розуміння кліматичних процесів і розробки відповідних адаптаційних стратегій.

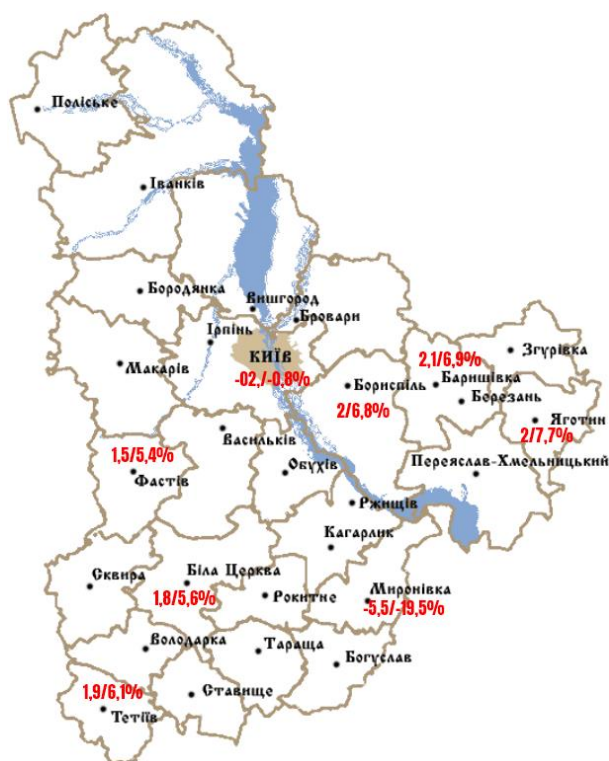


Рис. 3.2. Різниця грозової активності в Київській області (1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.), дні / %

Джерело: сформовано автором

3.2 Сезонні особливості повторюваності грозової активності на досліджуваній території

В аналізі кліматичних даних, особливо в контексті гідрометеорологічних явищ, важливо розглядати сезонні особливості повторюваності. Це дозволяє краще зрозуміти тенденції та патерни у зміні погодних умов протягом року та в різних періодах часу.

Гроза активність, як складова погодного режиму, має відмітні сезонні варіації, які можуть бути важливими для розробки стратегій адаптації до змін клімату та підвищення рівня безпеки та стійкості суспільства. У цьому контексті важливо проаналізувати зміни в грозовій активності протягом року та в порівнянні різних періодів, щоб зрозуміти їхні наслідки та можливі тенденції в майбутньому.

Детальний аналіз таких сезонних особливостей дозволяє розробляти ефективні стратегії адаптації до змін клімату, вдосконалювати системи раннього попередження та реагування на негоди, а також підвищувати готовність суспільства до надзвичайних ситуацій, що можуть виникати внаслідок гроз та інших природних явищ.

Для аналізу сезонних варіацій грозової активності на станціях Київської області треба розглянути як змінюється частота та інтенсивність гроз у різні пори року (табл. 3.2).

Виходячи з аналізу таблиці 3.2, можна зазначити, що на всіх станціях Київської області відмічається максимум кількості грозових днів у червні та липні як за період 1961-1990 рр., так і за 1991-2020 рр. Це пов'язано зі зростанням температури повітря та збільшенням вологості, що сприяє утворенню гроз. В той час, у серпні спостерігається значний спад грозової активності по всім досліджуваним осередкам, що зумовлено початком зменшення температури та зміною метеорологічних умов.

Таблиця 3.2. Середня кількість днів з грозою по місяцям над Київською областю за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр.

Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всього за рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Київ													
1961-1990	-	-	0,1	1,1	4,7	6,8	7,1	4,2	1,4	0,3	-	-	25,7
1991-2020	-	-	0,1	1,1	5,4	6,3	7,1	4,3	1,3	0,2	0,1	-	25,9
Зміна, дні	-	-	0	0	-0,7	0,5	0	-0,1	0,1	0,1	-	-	-0,1
Зміна,%	-	-	0,0 %	0,0 %	14,9 %	7,4 %	0,0 %	2,4%	7,1 %	33,3 %	-	-	0,8%
Баришівка													
1961-1990	-	-	0,1	1,5	5,4	7,9	8	5,2	2,1	0,4	-	-	30,6
1991-2020	0,1	-	0,1	1,4	5,7	7,3	7,8	4,2	1,5	0,5	-	-	28,6
Зміна, дні	-	-	0,1	0,5	-0,6	0,9	0,2	1	0,6	-0,1	-	-	2,6
Зміна,%	-	-	0,0 %	0,0 %	5,6 %	7,6 %	2,5 %	19,2 %	28,6 %	25,0 %	-	-	-6,5%
Бориспіль													
1961-1990	-	-	-	1,3	5,2	8	7,6	5	1,9	0,3	-	-	29,4
1991-2020	-	0,1	0,1	1,3	6	6,7	7,1	4,5	1,3	0,3	0,1	-	27,4
Зміна, дні	-	-	-	0	-0,8	1,3	0,5	0,5	0,6	0	-	-	1,8
Зміна,%	-	-	-	0,0 %	15,4 %	16,3 %	6,6 %	10,0 %	31,6 %	0,0 %	-	-	-6,8%
Біла Церква													
1961-1990	-	-	-	1,7	5,6	8,2	9	5,2	1,8	0,5	-	-	32,1
1991-2020	-	-	0,1	1,5	6,1	7,4	8,4	4,5	1,9	0,4	0,1	-	30,4
Зміна, дні	-	-	-	0,2	-0,5	0,8	0,6	0,7	-0,1	0,1	-	-	1,6
Зміна,%	-	-	-	0,0 %	8,9 %	9,8 %	6,7 %	13,5 %	5,6 %	20,0 %	-	-	-5,3%

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Миронівка													
1961-1990	-	-	0,1	1,5	5,1	7,5	7,6	4,4	1,5	0,4	-	-	28,2
1991-2020	-	-	0,2	2	6,8	8,6	8,6	4,6	2,2	0,5	0,1	-	33,7
Зміна, дні	-	-	-0,1	-0,5	-1,7	-1,1	-1	-0,2	-0,7	-0,1	-	-	-5,5
Зміна,%	-	-	0,0 %	0,0 %	33,3 %	14,7 %	13,2 %	4,5 %	46,7 %	25,0 %	-	-	19,5 %
Тетерів													
1961-1990	-	-	0,2	1,7	5,8	8	7,7	5,5	1,9	0,2	-	-	31
1991-2020	-	-	-	1,6	5,6	7	8,5	4,6	1,3	0,4	-	-	29,1
Зміна, дні	-	-	-	0,1	0,2	1	-0,8	0,9	0,6	-0,2	-	-	2
Зміна,%	-	-	-	0,0 %	-3,4 %	-12,5 %	10,4 %	-16,4 %	-31,6 %	100,0 %	-	-	-6,1 %
Фастів													
1961-1990	-	-	-	1,5	4,9	7,4	7,7	4,6	1,2	0,4	-	-	27,7
1991-2020	-	-	0,1	1,3	5,6	6,6	7,5	3,8	1,1	0,3	0,1	-	26,3
Зміна, дні	-	-	-	0,2	-0,7	0,8	0,2	0,8	0,1	0,1	-	-	1,3
Зміна,%	-	-	0,0 %	0,0 %	14,3 %	-10,8 %	-2,6 %	-17,4 %	-8,3 %	-25,0 %	-	-	-5,1 %
Яготин													
1961-1990	-	-	0,1	1,2	4,7	6,9	6,8	4,3	1,3	0,5	-	-	25,9
1991-2020	0,1	-	0,1	1,2	4,9	5,7	6,8	3,5	1,3	0,4	0,1	-	24
Зміна, дні	-	-	0	0	-0,2	1,2	0	0,8	0	0,1	-	-	1,7
Зміна,%	-	-	0,0 %	0,0 %	4,3 %	-17,4 %	0,0 %	-18,6 %	0,0 %	-20,0 %	-	-	-7,3 %

Джерело: сформовано автором на основі даних з УкрГМІ

Найбільшу кількість грозових днів у літній період за 1961-1990 рр. має станція Біла Церква з показниками у 8,2 випадків у червні та 9 у липні. За період

1991-2020 рр. спостерігається максимум у Миронівці – по 8,6 грозових днів за червень та липень.

За осінній строк можемо побачити тенденцію скорочення грозової активності за два досліджувані періоди по всій Київській області. Найбільший спад показника у 1961-1990 рр. відмічається у Баришівці з 2,1 у вересні до 0,4 випадків на місяць у жовтні. У 1991-2020 рр. на станції Миронівка зафіксовано максимальне зменшення кількості грозових днів з вересня по жовтень в порівнянні з кліматичною нормою на 1,7 випадків.

За наступні місяці грозова активність зменшується до мінімуму випадків. Під час цього періоду метеорологічні умови стають менш сприятливими для формування грозових явищ. Найчастіше це пов'язано зі зниженням температури повітря та вологості, а також зі зміною маси повітря.

Так з листопада по лютий по всім досліджуваним станціям за період 1961-1990 рр. кількість днів з грозами сягає нуля. За друге досліджуване 30-річчя маємо по 0,1 випадку у листопаді по всім станціям, окрім Тетеріва та Баришівки. Такий же показник маємо у січні по двом станціям – Баришівка та Яготин, а у лютому 0,1 випадок на місяць має Бориспіль.

З весняного періоду кількість днів з грозами поступово збільшується. При порівнянні 1991-2020 рр. з кліматичною нормою помітне зростання грозової активності можна побачити у травні на станції Миронівка зі збільшенням у 33,3%. Мінімальне зростання випадків з грозами помітно у Яготині. За друге 30-річчя показник на даній станції зріс на 4,3%. В той же час на станції Тетерів у період 1991-2020 рр. в порівнянні з 1961-1990 рр. спостерігається незначне зменшення кількості грозових днів - на 3,4%.

Для більш чіткого розуміння сезонної повторюваності кількості грозових днів по станціям Київської області, сформовано графіки з середніми значеннями за весняний та літній періоди з 1991 по 2020 роки в порівнянні з кліматичною нормою (1961-1990рр.) (див. рис. 3.3, 3.4).

Можна побачити, що протягом 1991-2020 років виявлено збільшення числа днів з грозами у Києві, Баришівці, Білій Церкві, Миронівці та Фастові, порівняно з кліматичною нормою. Найвиразніше зростання зафіксовано у Миронівці.

Натомість, у Борисполі та Яготині відзначається зниження або стабілізація кількості грозових днів протягом вказаного періоду. Найпомітніше зменшення зафіксоване саме у Борисполі.

З графіків видно, що середня кількість днів з грозами варіюється між різними містами. Більшість міст Київщини демонструють зниження кількості днів з грозами у літні місяці за період 1991-2020 років порівняно з 1961-1990 роками, у той час у Миронівці спостерігається збільшення випадків за заданими періодами.

Середня кількість днів з грозами значно варіюється між різними містами, що може бути пов'язано з локальними кліматичними умовами та географічними особливостями. Ці спостереження можуть свідчити про зміни у кліматичних умовах Київщини, вплив глобального потепління та інших факторів на кількість грозових днів у регіоні.

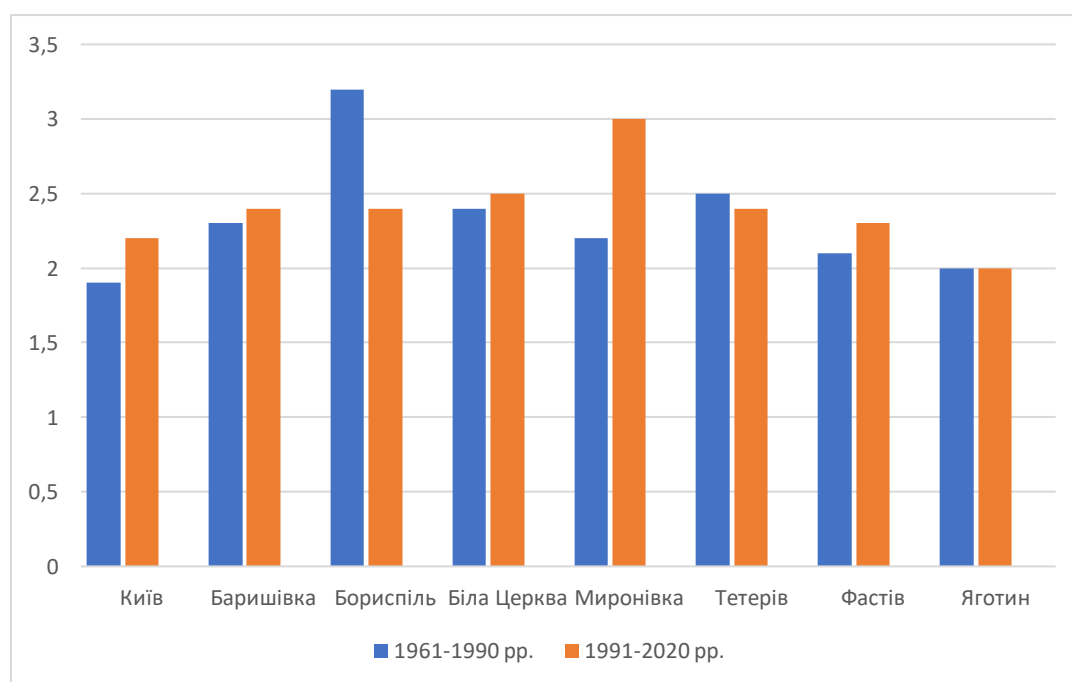


Рис. 3.3. Середня кількість днів з грозою за березень-травень над Київщиною за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. та різниця між ними

Джерело: сформовано автором

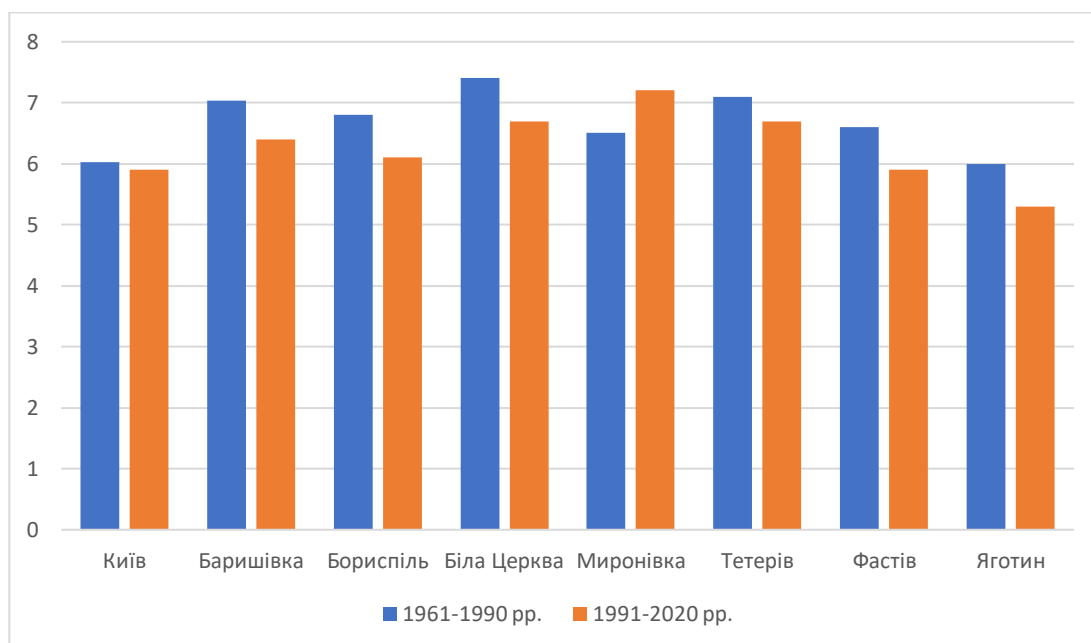


Рис. 3.4. Середня кількість днів з грозою за червень-серпень над Київщиною за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. та різниця між ними

Джерело: сформовано автором

3.3. Динаміка повторюваності грозової активності в Київській області

Динаміка повторюваності грозової активності є ключовим аспектом досліджень у сфері кліматології та метеорології. Грози, будучи складними атмосферними явищами, відображають взаємодію численних метеорологічних факторів і можуть значно варіюватися від року до року. Вивчення цієї динаміки дозволяє зрозуміти природу та масштаби змін у кліматичних умовах регіону.

Підрахунок кількості гроз на рік для обраних пунктів дослідження виявив (таб. 3.3), що у 1991-2020 рр. над Київщиною спостерігається 23-34 гроз на рік, з помірним збільшенням їх кількості впродовж періоду дослідження (рис. 3.5, 3.6, 3.7, 3.8), за винятком декількох станцій, де спостерігається стабільність.

Тенденцію змін грозової діяльності за період 1991-2020 років оцінювали за коливаннями кількості днів із грозою за допомогою лінійного тренду, що демонструє загальну тенденцію даних. Лінія тренду використовується для прогнозування майбутніх значень на основі існуючих даних та для виявлення основної тенденції.

Таблиця 3.3. Кількість днів з грозою над Київською областю у період 1991-2020 рр.

Рік	Київ	Баришівка	Бориспіль	Біла Церква	Миронівка	Тетерів	Фастів	Яготин
1991	27	20	24	34	31	25	24	17
1992	24	17	22	26	25	26	20	14
1993	34	20	28	33	33	32	26	16
1994	18	17	18	22	21	19	17	14
1995	31	30	33	37	33	21	25	18
1996	21	21	24	24	23	23	14	20
1997	24	31	31	38	38	38	24	24
1998	22	27	19	20	27	33	22	18
1999	25	28	28	32	30	29	26	16
2000	22	32	24	27	33	32	24	19
2001	27	36	32	36	35	43	30	27
2002	28	35	36	36	36	33	28	31
2003	27	34	28	33	38	32	25	26
2004	18	19	19	23	32	18	18	24
2005	26	25	23	26	25	24	19	28
2006	32	28	27	27	34	28	25	25
2007	40	39	37	43	40	38	41	40
2008	20	28	25	22	28	25	20	22
2009	22	29	26	29	30	30	20	29
2010	37	32	37	38	49	36	36	33
2011	30	35	34	32	44	33	32	33
2012	37	40	36	37	51	35	35	35
2013	29	28	28	37	42	30	31	27
2014	32	37	32	31	34	35	35	31
2015	11	16	11	21	27	15	17	17
2016	20	36	24	24	38	30	26	24
2017	19	19	21	22	26	25	25	14
2018	25	34	30	34	30	30	35	23
2019	28	34	38	35	43	32	41	28
2020	21	29	27	30	35	22	27	26

Джерело: сформовано автором на основі даних з УкрГМІ

Виходячи з графіків, можна побачити, що на п'ятьох станціях, а саме Київ, Біла Церква, Фастів, Яготин, максимум днів з грозою відзначається в другій половині періоду з 2000 по 2010 рік, у Тетереві - на початку. Значний спад днів з грозою помітно в середині періоду з 2010 по 2020 рік на таких досліджуваних територіях: Київ, Баришівка, Бориспіль, Тетерів, Яготин. З таблиці 2.3 видно, що 2007 рік виділяється як рік з найбільшою кількістю грозових днів (318), тоді як 2015 рік має найменшу кількість (135).

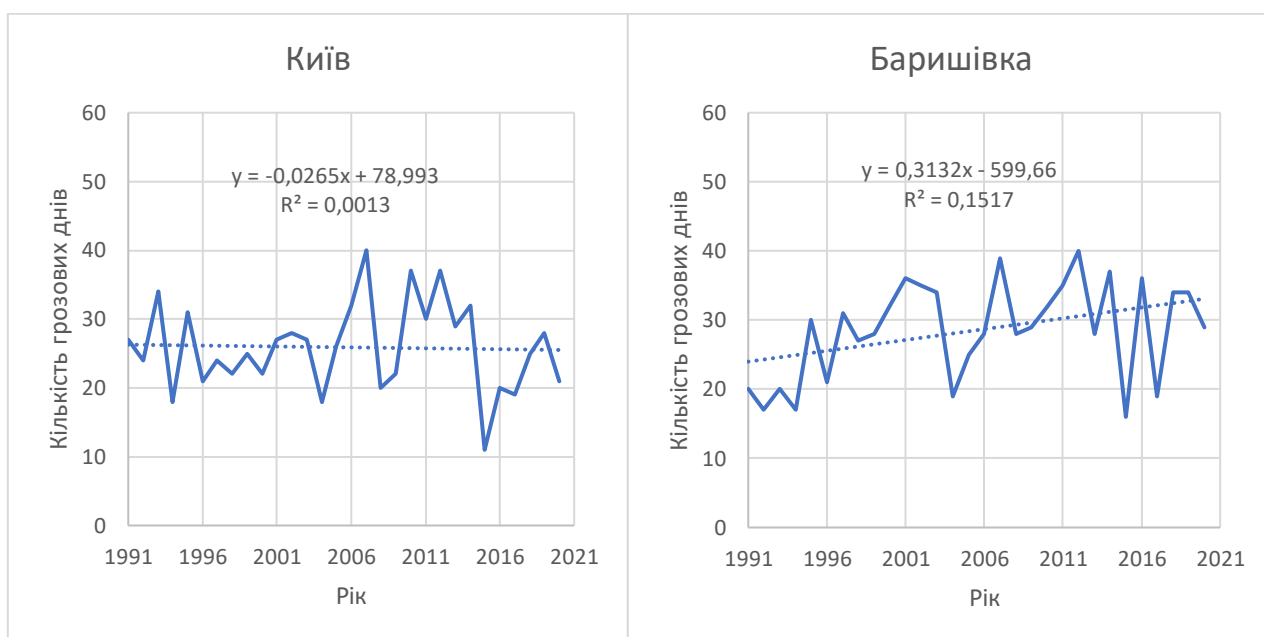


Рис. 3.5. Динаміка кількості днів з грозою в Києві та Баришівці у період 1991-2020 рр.

Джерело: сформовано автором

Рівняння зображені на графіках, рівняння регресії та коефіцієнт детермінації, надають інформацію про зв'язок між двома змінними. Можемо побачити, що на всіх станціях маємо низький показник коефіцієнту детермінації, що свідчить про те, що незалежна змінна x пояснює лише невелику частину варіації залежної змінної y , і багато змін у y пояснюються іншими факторами, які не враховуються у цій моделі.

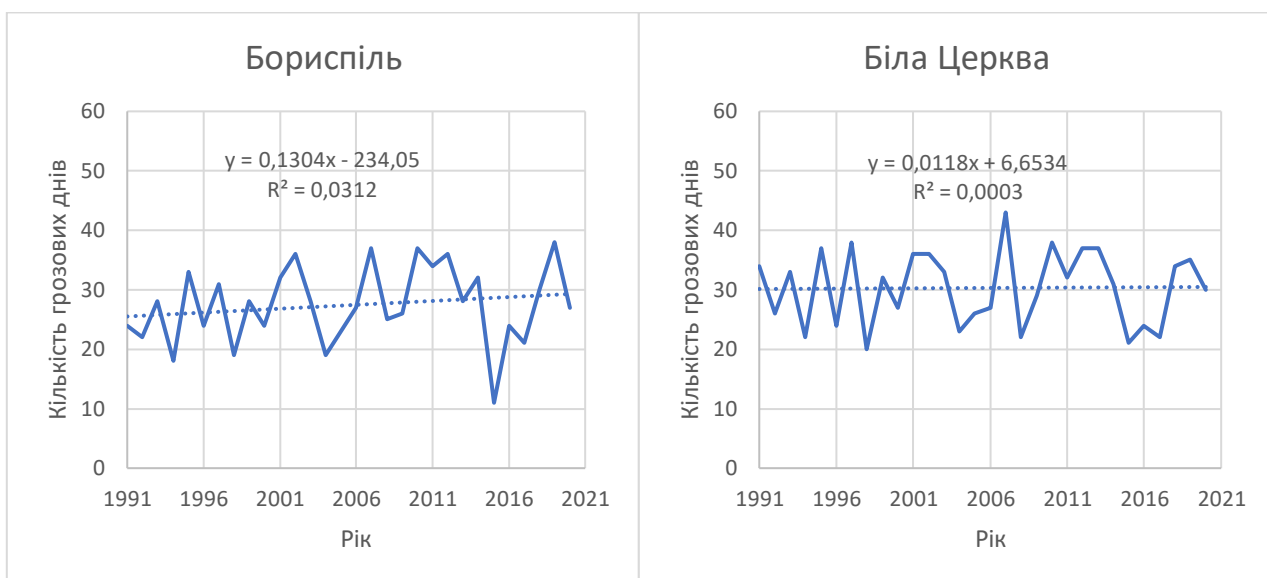


Рисунок 3.6. Динаміка кількості днів з грозою в Борисполі та Білій Церкві у період 1991-2020 рр.

Джерело: сформовано автором

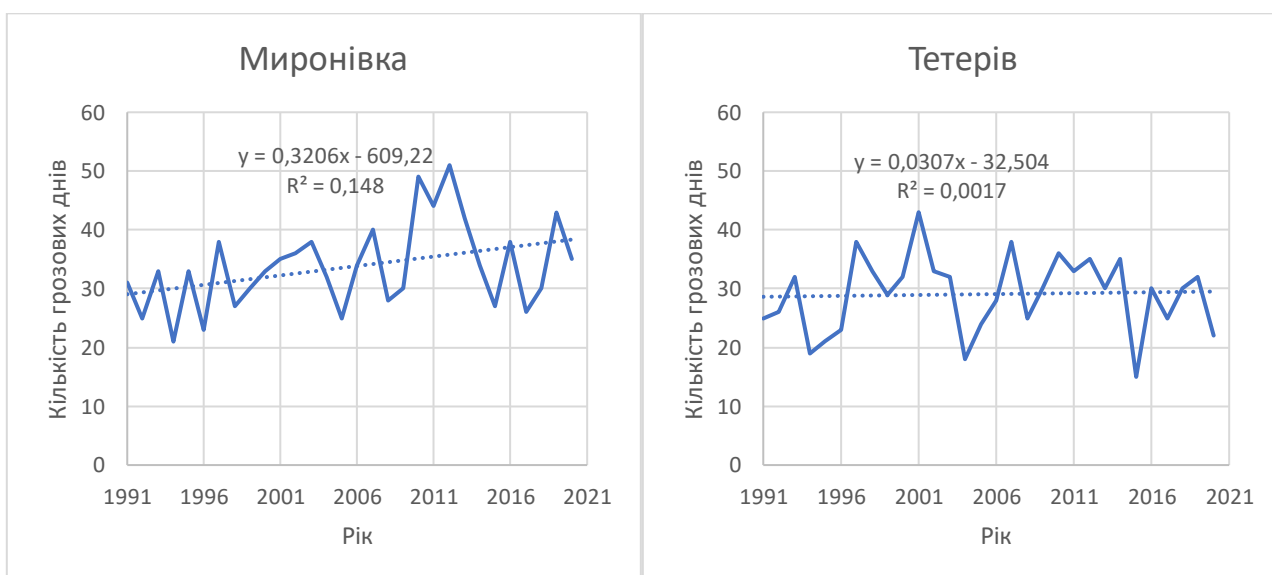


Рис. 3.7. Динаміка кількості днів з грозою у Миронівці та Тетереві у період 1991-2020 рр.

Джерело: сформовано автором

Тенденція до зростання кількості гроз над Київською областю за 1991-2020 рр. наявно простежується над Баришівкою, Борисполем, Миронівкою, Фастовом та Яготином, в той час як на станціях Київ, Біла Церква та Тетерів можна побачити майже незмінну ситуацію.

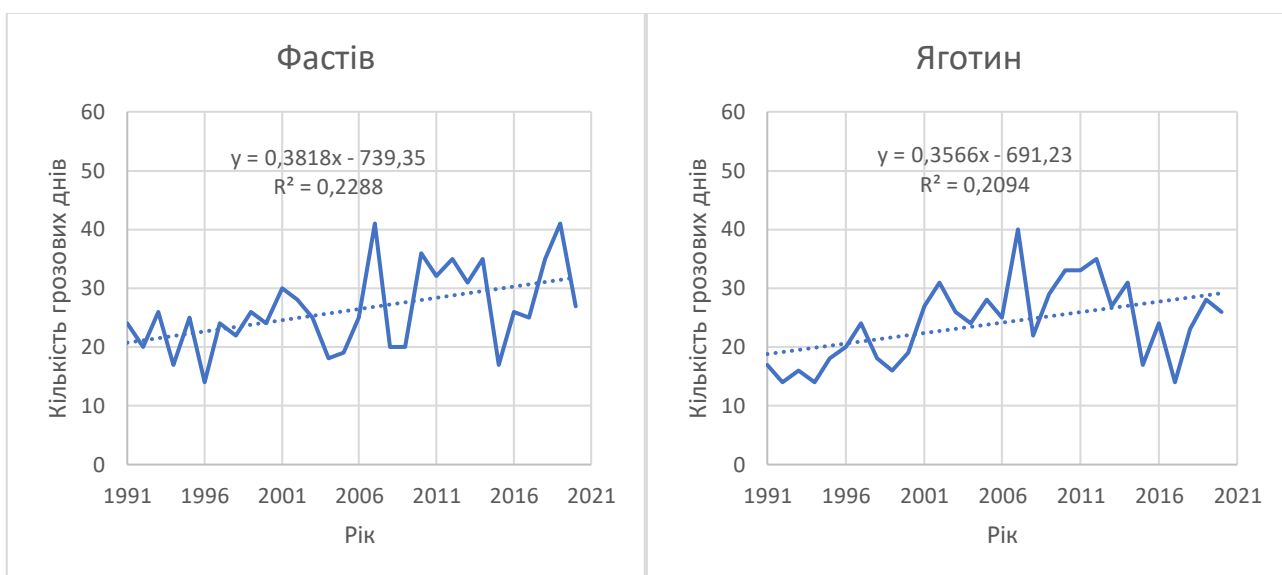


Рис. 3.8. Динаміка кількості днів з грозою у Фастові та Яготині у період 1991-2020 рр.

Джерело: сформовано автором

Тобто, зміни у грозовій активності (кількість грозових днів) залежать від багатьох факторів, і незалежна змінна x пояснює лише невелику частину цієї варіації. Іншими словами, грозова активність є результатом комплексного впливу різних чинників, таких як вологість повітря, атмосферний тиск, географічні особливості регіону, сезонні метеорологічні явища, антропогенні фактори (наприклад, забруднення повітря) тощо.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було досліджено грозову активність у Київській області, на основі 8 станцій (Київ, Баришівка, Бориспіль, Біла Церква, Миронівка, Тетерів, Фастів, Яготин) за 1991-2020 рр.

У період 1991-2020 років у Київській області в середньому спостерігалось 225 випадків грози на рік. Найбільша кількість гроз зафіксована в Миронівці (33,7 випадків на рік), Білій Церкві (30,3) та Тетереві (29,3). Найменша грозова активність відзначена в Яготині – 23,9 випадків на рік.

Для аналізу сезонної грозової активності на досліджуваних метеорологічних станціях було охарактеризовано зміну частоти та інтенсивності гроз у різні пори року.

Дослідження показало, що максимум днів з грозою, за два досліджувані періоди (1961-1990 та 1991-2020 рр.) припадає на літній період, зокрема на червень та липень. Водночас, відмічається спад грозової активності у серпні по всіх станціях Київської області.

У літній період за 1961-1990 рр. станція Біла Церква має найбільшу кількість грозових днів (8,2 в червні та 9 у липні), а за 1991-2020 рр. максимум спостерігається у Миронівці (8,6 днів з грозою у червні та липні).

Згодом, після цього періоду, грозова активність поступово зменшується і від листопада до лютого кількість днів з грозами стає мінімальною, аж до нуля, на всіх досліджуваних станціях за період 1961-1990 рр.

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ НЕСТІЙКОСТІ АТМОСФЕРИ НА ПОВТОРЮВАНІСТЬ ГРОЗОВІ ДІЯЛЬНОСТІ

4.1. Опис індексів нестійкості атмосфери

Індекси нестійкості були наріжним каменем у прогнозуванні конвекції протягом багатьох десятиліть і часто використовуються в дослідницькій літературі. Введення індексу Шоуолтером (Showalter, 1953) являє собою переломний момент, після якого ми спостерігаємо постійне поширення. Багато з цих індексів прив'язані до рівнів обов'язкового тиску, а прототип Showalter, наприклад, прив'язаний виключно до 850 та 500 мбар.

Основною причиною цього, історично полягає, що отримання даних про рівень радіації значно затримувалось порівняно з індексами нестійкості. Це було історичним артефактом ручної обробки даних і означало, що індекси, отримані виключно з обов'язкових рівнів будуть доступні набагато раніше, ніж ті, що використовують даних значущих рівнів.

Індекси прогнозування гроз - це математичні розрахунки, які використовуються метеорологами для оцінки ймовірності розвитку грози та її потенційної інтенсивності. Ці індекси ґрунтуються на різних метеорологічних даних, таких як температура, вологість, тиск, швидкість вітру та інші.

Існує багато різних типів індексів прогнозування гроз, кожен з яких має свої сильні та слабкі сторони. Метеорологи використовують індекси прогнозування гроз в комплексі з іншими даними прогнозу погоди, такими як радарні зображення та супутникові дані, для визначення того, де і коли можуть розвинути грози. Індекси також можуть бути використані для оцінки видачі попереджень про сильні погодні явища, такі як град, торнадо та шквалистий вітер [28].

Важливо зазначити, що індекси прогнозування гроз не є досконалими і не можуть гарантувати розвиток або відсутність грози. Однак вони є цінним

інструментом, який може допомогти метеорологам зробити більш точні прогнози про грози та попередити громадськість про потенційну небезпеку [23].

Showalter Index оцінює нестійкість атмосфери і використовується для прогнозування гроз. Він розраховується шляхом підняття парцеля повітря з рівня 850 мбар до рівня 500 мбар і порівняння його температури з навколишньою температурою на рівні 500 мбар.

Індекс Lifted (LI) вимірює різницю температур між піднятим парцелом на рівні 500 мбар та температурою на цьому ж рівні в навколишньому середовищі. Негативні значення означають нестійкі умови, що сприяють розвитку гроз. Чим нижче значення, тим нестійкіша атмосфера.

LIFT computed using virtual temperature є аналогом, але з використанням віртуальної температури, яка враховує вплив вологи на густину повітря. Віртуальна температура є температурою сухого повітря, яке мало б ту ж саму густину, що й вологе повітря.

SWEAT (Severe Weather Threat) є комплексним індексом, який враховує нестійкість, вологість та вертикальний зсув вітру для прогнозування серйозних погодних явищ, таких як торнадо або сильні грози. Вищі значення вказують на більшу ймовірність серйозної погоди, але він не враховує всі фактори, які можуть впливати на розвиток серйозних погодних явищ. Він може бути неточним в деяких ситуаціях, наприклад, коли атмосфера не є однорідною по вертикалі [20].

K індекс враховує температуру і точку роси на різних рівнях для оцінки потенціалу грозової активності. Він використовується для порівняння потенціалу розвитку грозової активності в різних місцях та досить простий у розрахунку та інтерпретації. Вищі значення вказують на більшу ймовірність гроз. K індекс розраховується за формулою:

$$K=T_{850}-T_{500}+T_d_{850}-(T_{700}-T_d_{700}) [22].$$

Cross Totals Index розраховується як різниця між точкою роси на рівні 850 мбар і температурою на рівні 500 мбар. Вищі значення вказують на велику кількість вологи в середньому рівні тропосфери, що сприяє розвитку гроз.

Vertical Totals Index розраховується як різниця температур між рівнями 850 мбар і 500 мбар. Він використовується для оцінки нестабільності атмосфери. Вищі значення свідчать про більшу нестабільність.

Totals Totals Index є сумою Cross Totals Index і Vertical Totals Index. Він використовується для оцінки грозової нестійкості. Вищі значення ТТІ вказують на більшу ймовірність гроз [24].

Convective Available Potential Energy є показником кількості енергії, доступної для конвекції. Високі значення CAPE вказують на більшу ймовірність сильних гроз. CAPE вимірюється в Джоулях на кілограм і визначає здатність парцеля повітря підніматися вище, що може призвести до розвитку гроз. CAPE using virtual temperature є аналогом, але з використанням віртуальної температури.

CINS або CIN (Convective Inhibition's) вимірює енергію, яка стримує розвиток конвекції і необхідну для подолання стійких шарів атмосфери та розвитку грози. CIN дає чітке уявлення про стійкість атмосфери і може бути використано для оцінки ймовірності розвитку грози. Високі значення CINS вказують на необхідність додаткової енергії для розвитку гроз. CINS using virtual temperature використовує віртуальну температуру замість звичайної температури для розрахунку. Вимірюється в Джоулях на кілограм [28].

BRN (Bulk Richardson Number) є відношенням між конвективною нестійкістю і вертикальним зсувом вітру. BRN дає просте та інтуїтивно зрозуміле уявлення про потенціал організації гроз. Він може бути використаний в комплексі з іншими індексами прогнозування гроз, такими як CAPE і LI, для покращення прогнозів. Використовується для оцінки потенціалу організації штормів. Значення між 10 і 45 свідчать про сприятливі умови для суперосередкових штормів.

Bulk Richardson Number з CAPE це варіація BRN, яка використовує CAPE, яке може краще представляти конвективну нестійкість в деяких ситуаціях, тому цей варіант BRN може бути більш точним [15].

Temp [K] of the Lifted Condensation Level (LCL) це рівень в атмосфері, на якому піднята повітряна маса досягає стану насичення водяною паром і починає конденсуватися. Температура LCL, вимірювана в кельвінах (K), є важливою величиною для прогнозування розвитку гроз. Висока температура LCL означає, що повітряна маса повинна піднятися на більшу висоту, щоб досягти насичення та почати конденсуватися. Це може свідчити про більш суху атмосферу та менш сприятливі умови для розвитку грози. Низька температура LCL означає, що повітряна маса повинна піднятися на меншу висоту, щоб досягти насичення та почати конденсуватися. Це може свідчити про більш вологу атмосферу та більш сприятливі умови для розвитку грози.

Важливо зазначити, що LCL - це лише один з багатьох факторів, які впливають на розвиток грози. Інші фактори, такі як CAPE (конвективна доступна потенційна енергія), CIN (конвективна інгібіція) та зсув вітру, також повинні бути враховані для точного прогнозування.

Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level це тиск конденсації піднятої повітряної маси, вимірюваний в гектопаскалях. Важливо зазначити, що тиск LCL не використовується так часто, як температура LCL, але він може бути корисним для розуміння вертикальної структури атмосфери. Низький тиск LCL означає, що це може свідчити про більш нестійку атмосферу та більшу ймовірність розвитку гроз. Високий тиск LCL означає, що це може свідчити про більш стійку атмосферу та меншу ймовірність розвитку гроз [23].

Mean mixed layer potential temperature це середня потенційна температура повітря в атмосферному змішаному шарі. Змішаний шар - це приземний шар атмосфери, в якому вертикальні градієнти температури, вологості та вітру невеликі. Вона є важливою величиною для розуміння динаміки атмосфери та прогнозування метеорологічних явищ. Потенційна температура - це температура, до якої повітряна маса буде нагріта або охолоджена, якщо її адіабатично стиснути або розширити до тиску 1000 гПа. Також середня потенційна температура повітря в атмосферному змішаному шарі може дати нам інформацію про:

1. Стабільність атмосфери коли високі значення зазвичай свідчать про більш стійку атмосферу, тоді як низькі значення свідчать про більш нестійку атмосферу.

2. Потенціал розвитку конвекції коли високі значення можуть свідчити про менший потенціал розвитку конвекції, тоді як низькі значення можуть свідчити про більший потенціал розвитку конвекції.

3. Вплив на метеорологічні явища можуть впливати на розвиток таких метеорологічних явищ, як грози, туман та інверсії.

Mean mixed layer mixing ratio це середнє значення відношення змішування в атмосферному змішаному шарі. Відношення змішування - це міра кількості водяної пари в повітрі. Їх можна виміряти за допомогою різних інструментів, таких як психрометри або радіозонди. Інформація про середнє значення відношення змішування в атмосферному змішаному шарі може надати нам:

Вміст водяної пари в атмосфері коли високі значення свідчать про високий вміст водяної пари, тоді як низькі значення свідчать про низький вміст водяної пари. Потенціал розвитку конвекції коли високі значення можуть свідчити про більший потенціал розвитку конвекції, тоді як низькі значення свідчать про менший. Вплив на метеорологічні явища такі, як грози, туман та інверсії.

1000 hPa to 500 hPa thickness це метеорологічна величина, яка вимірює відстань (в метрах) між цими двома рівнями тиску в атмосфері. Вона використовується для аналізу вертикальної структури атмосфери, оцінки стійкості атмосфери та прогнозування метеорологічних явищ.

Якщо товщина шару більша, то зазвичай це свідчить про більш стійку атмосферу. Це означає, що повітря між цими двома рівнями тиску менш щільне, і тому воно менш схильне до підйому та конвекції. Якщо товщина шару менша, то зазвичай це свідчить про менш стійку атмосферу. Це означає, що повітря між цими двома рівнями тиску більш щільне, і тому воно більш схильне до підйому та конвекції.

Precipitable water [mm] for entire sounding це опадні води, які вимірюють загальну кількість водяної пари в стовпі атмосфери, яка може випасти у вигляді

опадів. Вона використовується для оцінки потенціалу опадів, аналізу вологості атмосфери та дослідження метеорологічних процесів

Якщо значення опадних вод висока це свідчить про високий потенціал опадів, що означає велику кількість водяної пари в атмосфері, яка може випасти у вигляді дощу, снігу або інших опадів. Якщо значення опадних вод низька це свідчить про низький потенціал опадів, що означає малу кількість водяної пари в атмосфері, і тому ймовірність опадів низька.

Equilibrium Level (EL) це уявний рівень в атмосфері, на якому піднятий парцел повітря стає термічно нейтральним по відношенню до навколишнього середовища. Це пояснює, що температура парцели та щільність парцели дорівнює температурі та щільності навколишнього середовища на цьому рівні. Вона використовується для розуміння вертикальної стійкості атмосфери, прогнозування конвективних рухів та розвитку хмар та аналізу метеорологічних даних.

Якщо рівень рівноваги високий це говорить про більш стійку атмосферу, що пояснює потребу парцелі повітря більше енергії, щоб піднятися до рівня рівноваги, тому ймовірність конвективних рухів та розвитку хмар менша. Якщо рівень рівноваги низький це говорить про менш стійку атмосферу, що пояснює потребу парцелі повітря менш енергії, щоб піднятися до рівня рівноваги, тому ймовірність конвективних рухів та розвитку хмар більша [6].

Equilibrium Level using virtual temperature є аналогом, але з використанням віртуальної температури, яка зазвичай завжди вища за фактичну температуру вологого повітря. Це пов'язано з тим, що віртуальна температура враховує вплив водяної пари, яка робить повітря менш щільним.

Level of Free Convection це уявний рівень в атмосфері, на якому піднятий парцел повітря стає теплішим за навколишнє середовище і починає вільно підійматися без додаткового підштовху, яка дає розуміння, що потенційна температура парцели стає вищою за потенційну температуру навколишнього середовища на цьому рівні та парцела стає менш щільною, ніж навколишнє середовище, і тому вона починає підніматися під дією сили плавучості.

LFC using virtual temperature є аналогом з використанням віртуальної температури. Переваги використання віртуальної температури для розрахунку LFC є більш точне врахування впливу вологості на плавучість повітря та може бути використаний для більш точного прогнозування конвективних рухів та розвитку хмар [14].

Отже, індекси нестійкості - це міри, які використовуються метеорологами для оцінки ймовірності розвитку гроз. Вони враховують різні фактори, такі як температура, тиск, вологість та вітер, щоб визначити, скільки енергії доступно для підйому повітряних мас і скільки опору вони зустрінуть. Важливо зазначити, що жоден індекс нестійкості не може точно передбачити, чи буде гроза. Але індекси слід використовувати в поєднанні з іншими метеорологічними даними та інтерпретувати в контексті конкретної метеорологічної ситуації, які можуть надати деяку інформацію:

Ідентифікація потенційно небезпечних метеорологічних умов, коли високі значення індексів нестійкості можуть свідчити про те, що атмосфера сприятлива для розвитку гроз.

Оцінка ймовірності розвитку гроз коли індекси нестійкості можуть допомогти метеорологам оцінити ймовірність того, чи буде гроза, і яка її інтенсивність. Прогнозування місця та часу розвитку гроз коли індекси нестійкості можуть допомогти метеорологам прогнозувати, де і коли можуть розвиватися грози. Визначення ризику сильних гроз коли високі значення певних індексів нестійкості (наприклад, ТТІ) можуть свідчити про ризик сильних гроз, таких як шквал.

Однак важливо пам'ятати, що вони є лише одним з багатьох факторів, які слід враховувати, і їх слід використовувати в поєднанні з іншими метеорологічними даними та інтерпретувати в контексті конкретної метеорологічної ситуації.

4.2. Зв'язок кількості днів з грозою з параметрами конвекції для Києва

При прогнозуванні виникнення грози, граду, шквалу та інших небезпечних явищ погоди, які обумовлені розвитком конвекції, практикується використання значень індексів, що характеризують конвекцію за низкою параметрів [18].

Для аналізу термодинамічного стану атмосфери над містом Київ за основними індексами конвекції обрані всі випадки гроз за період 1981-2010 рр., для яких за даними Українського гідрометеорологічного інституту прораховані основні індекси конвекції (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Середні значення показників індексів конвекції над Києвом за період 1981-2010 рр.

Індекси	Si	Li	SWEAT	Ki	CT	VT	TT	CAPE	CIN	Середня кількість днів з грозою
Місяць										
I	11,16	16,71	99,9	2,11	16,51	22,29	38,8	2,27	-9,84	0,17
II	11,26	16,05	92,61	1,85	16,35	22,33	38,63	2,03	-4,46	0
III	10,25	12,8	93,53	3,68	16,79	23,13	39,94	7,46	-4,97	0,13
IV	7,84	8,01	83,76	10,89	18,36	24,7	43,04	20,24	-10,66	1,3
V	5,14	4,11	97,36	17,25	19,17	26,17	45,33	102,9	-30,84	5,37
VI	4,25	2,51	116,14	21,33	19,52	25,39	44,94	172,33	-39,57	7,2
VII	3,66	1,84	128,08	23,1	19,45	25,28	44,71	221,45	-42,81	7,77
VIII	4,88	3,07	116,01	20,19	18,33	24,62	42,94	146,98	-39,57	4,43
IX	7,05	6,42	100,04	15,34	17,64	23,53	41,21	32,67	-20,4	1,5
X	9,4	10,75	89,98	7,86	15	21,63	36,66	16,14	-7,42	0,17
XI	10,16	15,02	92,03	5,77	15,71	21,49	37,17	7,53	-1,95	0,03
XII	11,4	17,02	95,79	2,51	15,93	21,88	37,76	5,43	-4,78	0,03

Джерело: сформовано автором на основі даних з УкрГМІ

З таблиці видно, що найбільша кількість днів з грозою у місті Київ спостерігається з травня по вересень, найбільша повторюваність відмічається у червні (7,7 випадків). Це зумовлено тим, що у червні маємо найнижчий показник Si – 3,66, що вказує на високу ймовірність розвитку грозових явищ, та показник Li – 1,84, це вказує на нестабільність атмосфери і підвищену ймовірність розвитку конвективних явищ, таких як грози. Відзначимо, що у лютому,

листопаді та грудні індекс Si (11,26, 10,16 та 11,4) та індекс Li (16,05, 15,02 та 17,02) мають найвищі показники, що пояснює найменшу кількість днів з грозою за ці місяці.

За значенням комплексного індексу SWEAT на ст. Київ для більшості випадків не було умов для виникнення сильних гроз, за винятком 3 випадків (червень, липень, серпень), коли очікувалися сильні грози.

K індекс демонструє готовність атмосфери до виникнення гроз по всій території на 10-20 % на ст. Київ, яка забезпечується прогнозом. Можемо побачити – грози майже відсутні там, де індекс менше 20. Так, при значенні 1,85 у лютому, кількість грозових днів сягає нуля.

За значенням індексу CT (Cross total), на ст. Київ в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі грози 2 рази (у червні та липні). Помірна нестійкість атмосфери відмічається тричі у квітні, травні та серпні з показниками від 18 до 19. В інших випадках індекс мав значення менше 18, що пояснюється відсутністю умов для розвитку конвекції.

Показник вертикального індексу у всіх випадках перевищує значення 20, тобто тропосфера мала помірний потенціал конвективної нестійкості, який достатній для утворення гроз.

Індекс TT свідчить, що у 9 випадків грозова діяльність не очікується, при цьому відсутність грозової активності зафіксована лише у лютому. В інших місяцях можемо побачити одиничні випадки днів з грозою. Окремі грози або кілька гроз спостерігаються у травні, липні та червні.

Значення індексу CAPE у травні, липні, червні та серпні є неодмінним доказом того, збільшується небезпека розвитку таких явищ погоди, як гроза. Аналіз значень цього індексу показав, що ймовірність утворення грози у холодний період, характеризується невеликою нестійкістю атмосфери.

У теплий період низькі значення CIN (-39,57, -42,81, -39,57) вказують на слабкий інгібіційний шар, що сприяло активній конвекції та формуванню грозових хмар і гроз. В інших випадках, особливо у лютому, листопаді та грудні,

індекс має високі значення, що вказує на необхідність додаткової енергії для грозової активності.

Для здійснення аналізу залежності індексів нестійкості атмосфери та середньої кількості днів з грозою за період 1981-2010 рр. застосуємо кореляційно-регресійний аналіз (табл. 4.2).

Таблиця 4.2. Матриця кореляції між індексами нестійкості атмосфери та середньою кількістю днів з грозою за період 1981-2010 рр.

	Si	Li	SWEAT	Ki	CT	VT	TT	CAPE	CIN	Середня кількість днів з грозою
Si	1,00									
Li	0,99	1,00								
SWEAT	-0,73	-0,65	1,00							
Ki	-0,99	-0,98	0,75	1,00						
CT	-0,89	-0,86	0,64	0,85	1,00					
VT	-0,88	-0,88	0,53	0,84	0,97	1,00				
TT	-0,89	-0,88	0,59	0,85	0,99	0,99	1,00			
CAPE	-0,92	-0,86	0,91	0,91	0,82	0,77	0,80	1,00		
CIN	0,95	0,91	-0,87	-0,95	-0,87	-0,84	-0,86	-0,96	1,00	
Середня кількість днів з грозою	-0,94	-0,88	0,83	0,92	0,89	0,86	0,88	0,97	-0,96	1,00

Джерело: сформовано автором

З матриці видно, що найтісніший кореляційний зв'язок спостерігається між середньою кількістю днів з грозою та К індексом (Ki), Convective Available Potential Energy (CAPE). Також, сильний зв'язок помітний між індексами Severe Weather Threat (SWEAT), Cross Totals (CT), Vertical Totals (VT) та Total Totals (TT) з середньою кількістю грозових днів у Києві. Отже, дні з грозовою активністю залежать від досліджуваних індексів нестійкості атмосфери майже на 67%.

Що стосується індексів Showalter index (Si), Lifted index(Li) та Convective Inhibition (CIN), то даний показник має обернений зв'язок, тобто чим більше

Showalter index, Lifted index та Convective Inhibition, тим менша середня кількість днів з грозою, хоча величина його впливу і невелика.

Отже, дослідження індексів нестійкості у поєднанні зі статистичними даними про кількість грозових днів в Києві дозволяє визначити, наскільки значним є вплив кожного індексу на середню кількість днів з грозою, а також розкрити зворотні зв'язки, які можуть існувати між окремими індексами нестійкості та грозовою активністю.

4.3. Динаміка індексів нестійкості, що впливають на кількість грозових днів в місті Київ

Атмосферна нестійкість є ключовим фактором, що впливає на утворення гроз та їх частоту. Різноманітні індекси нестійкості дозволяють оцінювати потенціал для розвитку конвективної активності. Ці індекси відіграють важливу роль у метеорологічних дослідженнях, оскільки вони допомагають прогнозувати погодні умови та розуміти механізми, що спричиняють грози [5].

Для аналізу та візуалізації даних про індекси нестійкості атмосфери в період 1981-2010 рр. в місті Київ було побудовано графіки (рис. 4.1, 4.2). Вони дозволяють легко і наочно оцінити зміни досліджуваних індексів з часом, а також виявити загальні тенденції та закономірності.

Виходячи з графіків, видно, що максимум значень індексів SWEAT, Ki, CAPE припадає на липень, що зумовлює найбільшу кількість грозових днів за цей місяць. Індекси Si, Li, CIN мають найнижчі значення у липні. Ці показники також співпадають з найбільшою кількістю днів з грозою за досліджуваний період, адже мають обернений зв'язок.

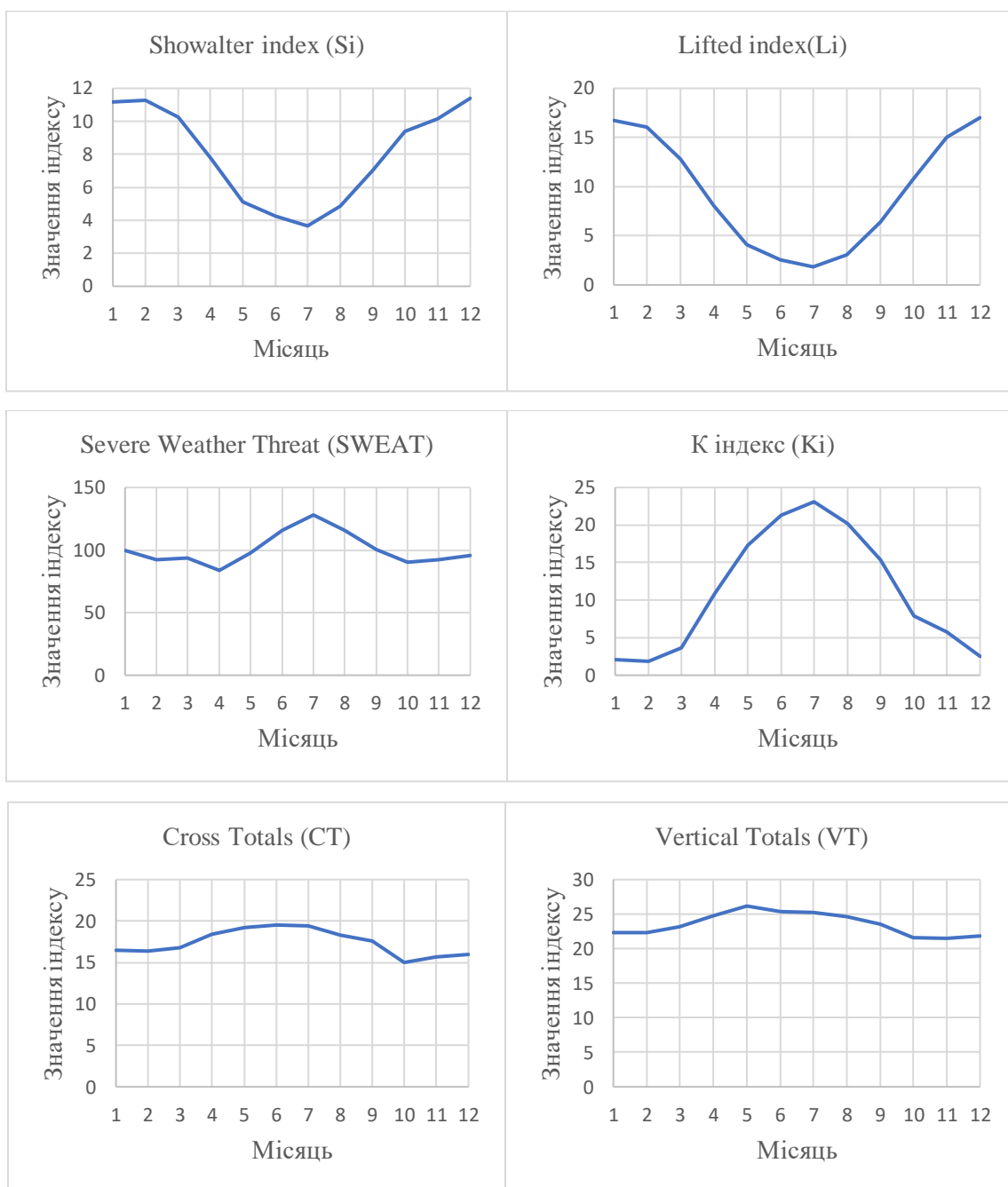


Рис. 4.1. Динаміка індексів нестійкості атмосфери в м. Київ в період 1981-2010 рр.

Джерело: сформовано автором

Індекс Cross Totals показує найвищі значення з травня по серпень з максимумом у червні. Можемо стверджувати, що протягом цих місяців відзначається значна кількість вологи в атмосфері та підвищений конвективний потенціал. У травні спостерігають високі значення індексів Vertical Totals (VT) та Total Totals (TT). Це є ознакою нестійкості атмосфери та свідчить про

наявність значної кількості енергії для розвитку висхідних повітряних потоків. Виходячи з цього, ймовірність грозових днів у цей місяць значно збільшується.

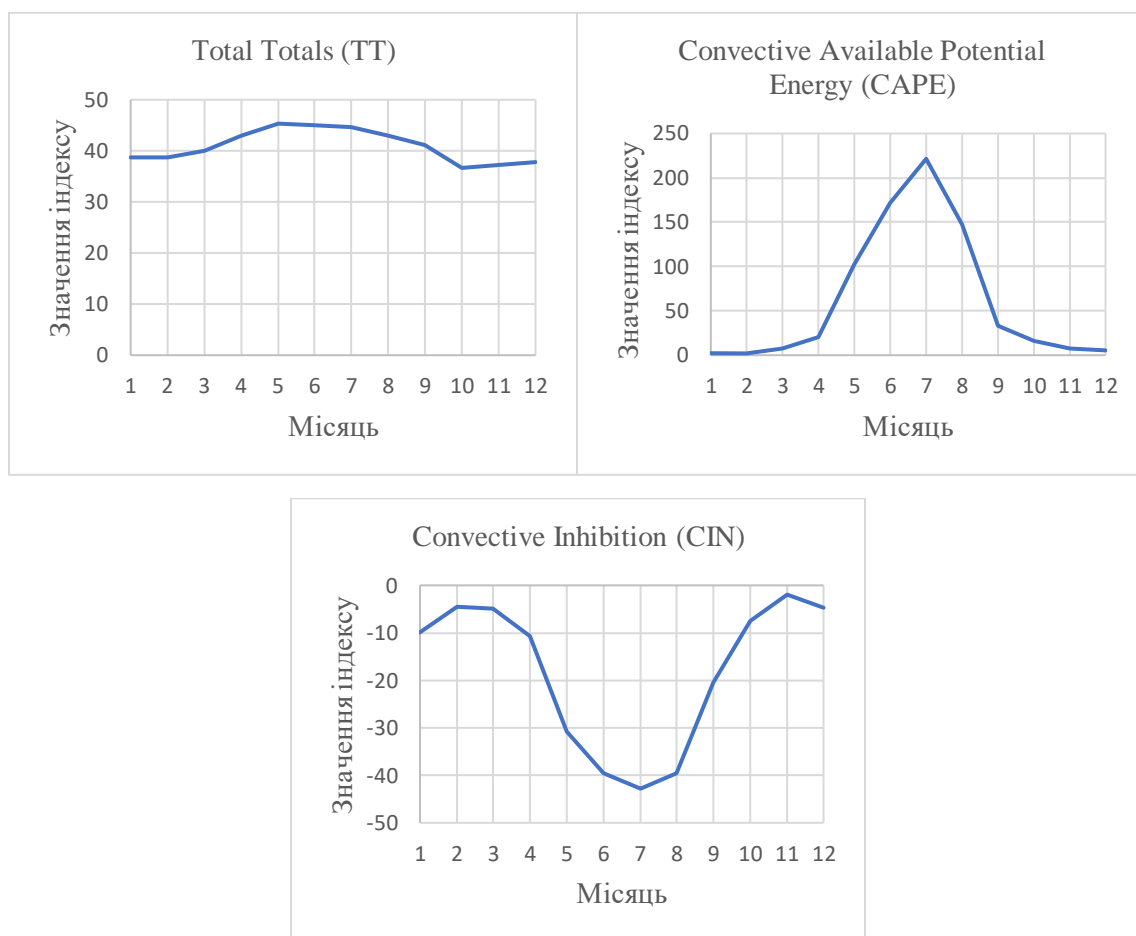


Рис. 4.2. Динаміка індексів нестійкості атмосфери в м. Київ в період 1981-2010 рр.

Джерело: сформовано автором

Висновки до розділу 3

Даний розділ було спрямовано на аналіз індексів нестійкості атмосфери, виявлення зв'язку між кількістю днів з грозами та параметрами конвекції для Києва, а також на характеристику динаміки цих індексів. В якості основи для аналізу було обрано всі випадки гроз за період 1981-2010 рр., для яких прораховані основні індекси конвекції. Для вивчення залежності між індексами

нестійкості атмосфери та середньою кількістю днів з грозою за зазначений період було застосовано кореляційно-регресійний аналіз.

Грози в Києві найбільш ймовірні з травня по вересень через високу нестійкість атмосфери, що підтверджується низькими значеннями S_i (3,66-5,14), L_i (2,51-6,42) та CIN (-42,81- -20,4), і високими значеннями $CAPE$ (102,9-221,45). У холодний період грози мало ймовірні через високу стабільність атмосфери.

З аналізу матриці кореляцій видно, що найтісніший зв'язок спостерігається між середньою кількістю днів з грозою та такими індексами, як K -індекс (K_i) і Convective Available Potential Energy ($CAPE$). Індекси S_i , L_i та CIN мають обернений зв'язок з грозовою активністю, та їхній вплив є меншим порівняно з іншими індексами.

Дослідження тенденцій значень індексів нестійкості показало, що в період з 1981 по 2010 рр. спостерігається загальна тенденція до збільшення нестійкості атмосфери в місті Київ. Це, ймовірно, призведе до збільшення кількості днів з грозами в майбутньому. Однак, наявність деяких індексів, які показують протилежні тренди, свідчить про складність і багатофакторність процесів, що впливають на формування гроз.

ВИСНОВКИ

Виходячи з поставлених нами завдань та мети, у нашій кваліфікаційній роботі було проведено всебічне дослідження метеорологічних умов, що впливають на формування та розвиток гроз в Київській області, що дозволило досягти поставлених завдань та зробити важливі наукові висновки.

Перш за все, було визначено, що грози є типовими конвективними явищами, що супроводжуються електричними розрядами (блискавками), звуковими ефектами (громом), інтенсивними опадами та шквалами. Грози формуються через нестабільність атмосфери, яка виникає внаслідок значних вертикальних температурних градієнтів і високої вологості.

Дослідження грозової активності у Київській області за період 1991-2020 років виявило, що регіон в середньому має високу частоту гроз (225 випадків грози на рік), зокрема найбільше гроз спостерігалось в Миронівці, Білій Церкві та Тетереві. Сезонний аналіз показав, що літні місяці, особливо червень і липень, є піковими періодами для грозової активності, тоді як у серпні відбувається зниження активності. Порівняння даних за два різні періоди (1961-1990 та 1991-2020 роки) виявило зрушення у розподілі грозової активності між станціями, з найбільшими змінами у Білій Церкві (8,2 в червні та 9 у липні за 1961-1990 рр.) та Миронівці (8,6 днів з грозою у червні та липні за 1991-2020рр.).

Загальна тенденція показує, що грозова активність має чітко виражений сезонний характер, з мінімальною кількістю грозових днів у зимовий період. Ці результати можуть бути корисними для подальших кліматичних досліджень, а також для планування заходів з безпеки та попередження грозових явищ у регіоні.

Дослідження індексів нестійкості атмосфери у Києві за період 1981-2010 років дозволило детально проаналізувати зв'язок між грозовою активністю та конвективними параметрами. Найвища ймовірність виникнення гроз спостерігається у теплий період року (з травня по вересень), що підтверджується низькими значеннями індексів Si, Li та CIN і високими значеннями індексу

CAPE. Це свідчить про високу нестійкість атмосфери влітку, що створює сприятливі умови для розвитку гроз.

Кореляційно-регресійний аналіз виявив, що індекси K-індекс (K_i) та CAPE мають найбільш тісний зв'язок із середньою кількістю днів з грозами. Це означає, що ці індекси можуть бути використані як надійні показники для прогнозування грозової активності. Індекси S_i, L_i та CIN також впливають на грозову активність, але їхній вплив є менш значущим і має обернений характер.

Аналіз тенденцій індексів нестійкості показав, що з 1981 по 2010 рік нестійкість атмосфери в Києві має тенденцію до зростання. Це може свідчити про ймовірне збільшення кількості днів з грозами в майбутньому. Однак, деякі індекси показують протилежні тренди, що підкреслює складність і багатофакторність процесів, які впливають на формування гроз.

Таким чином, проведене дослідження дозволило глибше зрозуміти механізми формування та розвитку гроз, що є важливим для розробки ефективних систем прогнозування та мінімізації негативних наслідків грозової діяльності в Київській області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балабух В. А., Лавриненко О. М., Ягодинець С. М., Малицька Л. В., Базалєєва Ю. О. Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості // Системи контролю навколишнього середовища: Збірник наукових праць МГІ НАН України. 2013. № 19. С. 189-198.
2. Балабух В. О. Регіональні особливості розподілу небезпечних і стихійних конвективних явищ погоди при переміщенні на Україну циклонів і фронтів з північною складовою наприкінці ХХ ст. // Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища. Матеріали міжнародної наукової конференції. Одеса: ОДЕКУ, 2002. С. 31-36.
3. Вишневецький В.І., Доніч О.А., Куций А.В. Клімат Києва та його околиць. Київ: Варто, 2023. 124 с. – Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1S6Jnd_1YhYNkQyIEUIGimseIjMNC-biP/view
4. Волошина О.В. Метеорологія і кліматологія (розділ Синоптична метеорологія): Конспект лекцій. Одеса: Вид-во “ТЭС”, 2005. 87 с.
5. Грушевський О.М., Міщенко Н.М. Діагноз і прогноз конвективних явищ: навчальний посібник: навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2020. 120 с.
6. Грушевський О. М. Про можливості діагнозу і прогнозу глибокої конвекції в оперативній діяльності / О. М. Грушевський, Н. М. Міщенко, В. Ф. Мансарлійський, В. М. Бурцева // Український гідрометеорологічний журнал. - 2018. - № 22. - С. 5-15
7. Гумоненко Л., Жук Н., Савченко Л., Ткач Л., Філоненко В. Настанова з метеорологічного прогнозування. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2019. 35 с.
8. Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Гроза діяльність на території України // Наук. праці УкрНДГМІ, 2007. Вип.256. С.92-98

9. Івус Г.П. Короткострокові прогнози погоди з урахуванням мезометеорології: Конспект лекцій. – Одеса:, 2007. – 162 с
10. Івус Г.П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди. Одеса: ОДЕКУ, 2007. 122 с. – Режим доступу: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/594/1/IvusGP_Praktykum_zi_spetsializov_anikh_prohnoziv_pohody_2007.pdf
11. Київська область // Вікіпедія вільна енциклопедія. – 2019. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C
12. Коваленко Ю. Л. Метеорологія і кліматологія : конспект лекцій / Ю. Л. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 65 с.
13. Мацук Ю.М. Зміни грозової активності на території України в XX та на початку XXI сторіччя // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія", 2013, № 39 (1084), С. 147-151.
14. Міщенко Н.М. Методичні вказівки для навчальної практики з дисципліни «Синоптична метеорологія». Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. – 20 с.
15. Національна метеорологічна служба США. Мезоаналіз допомоги. Центр прогнозування штормів (SPC). - Режим доступу: <https://www.spc.noaa.gov/exper/mesoanalysis/help/begin.html>.
16. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. – К. 2007
17. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2021 році. Київ: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2023. 212 с.
18. Спеціалізовані прогнози небезпечних явищ погоди: навчальний посібник. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. 143 с.

19. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ: Ніка-Центр, 2006. 312 с.
20. Український гідрометеорологічний центр. Атмосферні опади. Режим доступу: <https://www.meteo.gov.ua/ua/Atmosferni-opadi>
21. Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Вітренко А.О. Економічна метеорологія / Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Вітренко А.О. - К.: Майстер книг, 2019. 352 с.
22. Barlow W.R. A new index for prediction of deep convection. Preprints, 17th Conf. on Severe Local Storms. Amer. Meteor., St. Louis, MO, 1993. – P 129 -132
23. Doswell C. A. III. On Convective Indices and Sounding Classification Norman, Oklahoma (USA): NOAA/ERL National Severe Storms Laboratory, 1996. 6 с.
24. Glossary of Meteorology/ Stability index. - Режим доступу: https://glossarystaging.ametsoc.net/wiki/Stability_index
25. Haberlie, A. M., Ashley, W. S., Battisto, C. M., & Gensini, V. A. Thunderstorm Activity Under Intermediate and Extreme Climate Change Scenarios. 2022
26. Peterson, M., Rudlosky, S., & Zhang, D. Thunderstorm Cloud-Type Classification from Space-Based Lightning Imagers. 2020
27. Peterson, M., Rudlosky, S., & Deierling, W. The Evolution and Structure of Extreme Optical Lightning Flashes. 2017
28. Peterson, M. Using Lightning Flashes to Image Thunderclouds // J Geophys Res Atmos. 2019. 17-18. C. 10175–10185.
29. Thompson, R. L. Eta Model Storm-Relative Winds Associated with Tornadoic and Nontornadoic Supercells. Norman, Oklahoma: NOAA/NWS Storm Prediction Center, 1998.

30. Wei, Q., Sun, J., Zhang, Y., Liu, D., Sun, Z., Liu, M., & Ma, Z. . Statistical characteristics of thunderstorm activity in the middle reaches of the Yangtze River Basin based on a five-year cloud-to-ground lighting dataset. 2023

ДОДАТКИ

Додаток А

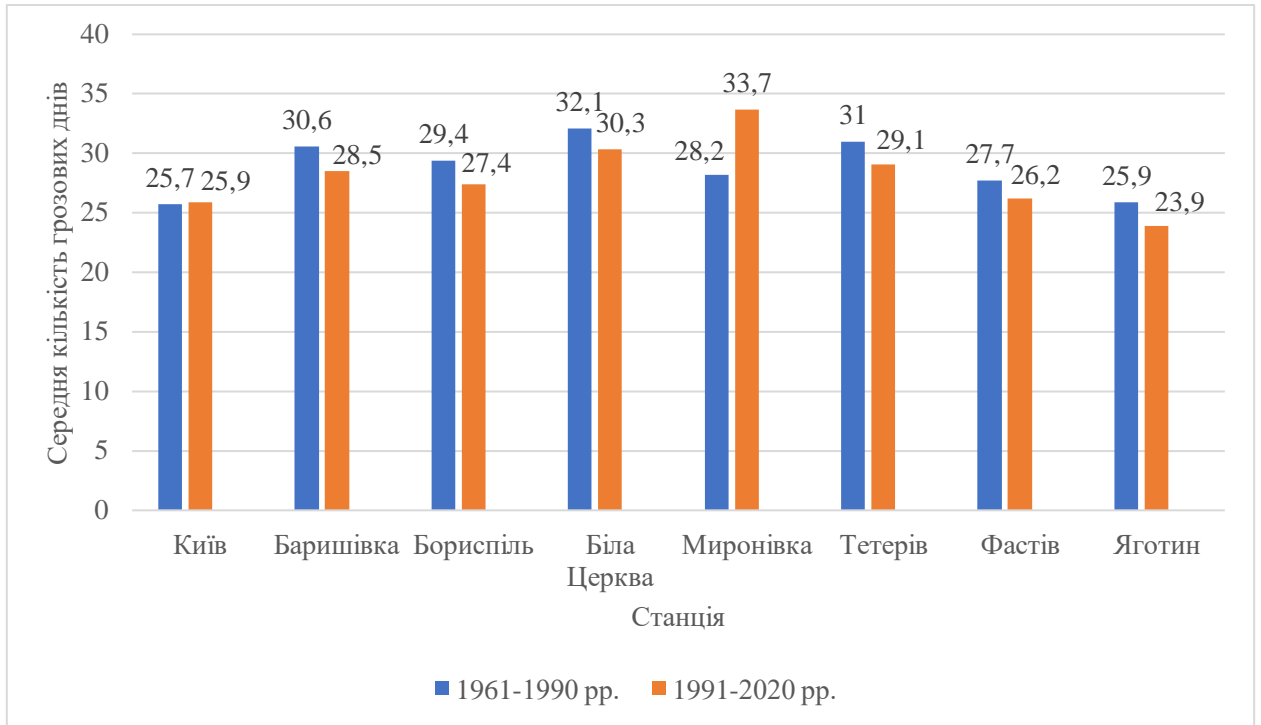


Рис. 1. Середньої кількості днів з грозою над Київщиною за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. та різниця між ними

Джерело: сформовано автором

Таблиця 1. Середні значення показників індексів нестійкості атмосфери в місті Київ за період 1981-2010 рр.

Рік	Місяць	Si	Li	SWEAT	Ki	CT	VT	TT	CAPE	CIN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1981	I	9,97	13,49	145,21	6,98	18,67	23,03	41,7	0,68	-0,86
	II	12,16	15,75	100,58	3,55	16,74	20,83	37,57	0,36	-0,24
	III	11,52	13,72	89,29	3,64	16,43	20,63	37,20	23,49	-0,31
	IV	11,59	11,90	83,33	6,77	17,58	20,78	38,33	110,31	-16,01
	V	3,77	5,06	136,59	21,45	21,04	26,56	47,54	100,52	-44,32
	VI	3,35	2,46	148,52	24,06	19,23	25,61	44,90	308,66	-63,24
	VII	3,18	1,86	152,44	24,11	19,80	24,54	44,30	222,26	-50,20
	VIII	4,06	3,34	129,27	22,52	20,00	24,12	44,14	156,15	-37,83
	IX	7,33	7,35	110,00	15,00	18,28	22,17	40,45	13,85	-63,90
	X	8,22	12,11	120,77	14,27	17,98	22,15	40,13	80,67	-5,48
	XI	10,28	13,03	109,14	7,76	18,08	22,18	40,25	9,44	-23,04
	XII	10,57	16,24	122,54	7,73	17,83	21,80	39,63	7,56	-2,30
1982	I	11,77	16,88	99,07	2,19	16,54	21,64	38,10	3,63	-54,45
	II	12,01	19,45	64,85	-0,49	14,73	22,01	36,76	7,45	-0,02
	III	10,38	13,07	85,32	3,24	16,27	23,11	39,32	3,24	-1,36
	IV	9,06	9,24	93,96	12,45	19,10	22,99	42,13	24,52	-30,67
	V	5,69	4,76	98,47	16,11	19,32	25,27	44,59	190,44	-18,36
	VI	3,99	2,68	133,29	21,66	20,88	25,21	46,09	160,20	-29,94
	VII	3,18	1,26	160,67	24,56	21,64	25,40	47,07	295,22	-22,38
	VIII	2,94	0,85	145,76	24,91	20,68	24,86	45,50	308,04	-30,35
	IX	8,80	7,68	103,45	10,71	13,52	22,36	35,88	101,22	-47,17
	X	9,01	11,10	100,64	10,45	16,06	22,30	38,36	19,16	-9,28
	XI	9,98	14,75	92,38	4,24	14,57	23,24	37,81	0,27	-0,21
	XII	9,43	13,09	123,64	8,42	17,82	22,75	40,57	3,70	-33,27
1983	I	10,420	13,448	127,860	5,199	18,127	22,450	40,578	21,726	-0,537
	II	10,992	14,786	97,819	2,963	17,773	22,198	39,971	7,192	-6,241
	III	9,290	11,902	121,950	5,452	16,475	23,577	40,073	19,569	-41,002
	IV	5,546	6,577	116,385	16,924	20,555	25,919	46,474	33,354	-12,835
	V	2,209	1,161	125,240	25,259	22,031	27,146	49,176	303,977	-28,547
	VI	5,034	3,933	111,369	18,894	18,677	24,075	42,752	131,918	-55,165
	VII	5,034	3,933	111,369	18,894	18,677	24,075	42,752	131,918	-55,165
	VIII	5,034	3,933	111,369	18,894	18,677	24,075	42,752	131,918	-55,165
	IX	5,929	6,051	104,623	16,199	17,415	24,576	41,991	89,151	-45,362
	X	10,363	11,979	100,388	6,778	15,545	21,596	37,122	5,437	-3,092
	XI	11,859	15,470	116,278	3,497	15,208	20,855	36,062	1,826	-1,440
	XII	11,669	16,913	93,058	1,654	14,167	21,784	35,950	29,673	-9,635
1984	I	11,22	16,87	115,92	4,53	16,91	21,81	38,69	0,01	-0,57
	II	12,24	20,67	86,24	2,58	16,54	21,19	37,73	0,06	0,00

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1984	III	10,73	14,58	75,28	6,67	17,86	21,64	39,50	0,05	-3,54	
	IV	8,51	9,18	62,19	7,56	16,99	24,67	41,60	0,54	-5,88	
	V	3,21	2,64	125,78	23,51	20,01	27,08	47,16	169,28	-56,24	
	VI	3,72	2,54	128,08	24,75	21,19	25,75	46,91	112,46	-51,76	
	VII	2,92	1,66	123,38	25,72	21,90	25,66	47,53	104,33	-52,36	
	VIII	4,09	2,91	108,00	21,50	19,87	25,20	45,06	128,37	-40,05	
	IX	3,81	4,50	152,29	23,68	20,41	25,51	45,88	42,69	-46,06	
	X	8,10	9,14	119,31	12,79	17,71	22,46	40,21	34,33	-28,27	
	XI	10,78	17,19	82,33	4,12	16,54	22,04	38,58	17,90	-8,39	
	XII	12,38	20,69	70,38	-3,12	15,00	21,25	36,25	3,50	-0,60	
	1985	I	12,90	21,23	101,19	-1,82	14,31	21,01	35,28	0,32	-59,63
		II	15,48	21,40	73,82	-6,21	14,74	18,49	33,19	13,06	-9,17
III		12,13	19,39	83,60	-0,40	13,58	21,73	35,31	0,27	0,00	
IV		6,93	7,30	90,53	13,43	19,29	24,80	43,96	66,60	-45,08	
V		4,11	3,54	111,17	20,26	19,10	26,73	45,85	77,01	-52,84	
VI		4,11	2,85	128,38	22,52	20,32	25,13	45,40	102,37	-32,96	
VII		3,33	2,44	144,66	25,88	20,97	24,74	45,69	160,87	-38,25	
VIII		4,14	2,48	125,63	20,46	18,25	24,92	43,17	132,62	-95,07	
IX		5,78	5,45	126,27	19,83	20,52	23,90	44,42	70,49	-23,96	
X		10,28	11,48	90,00	8,25	15,97	21,49	37,46	62,44	-15,45	
XI		12,74	18,04	94,19	2,30	13,98	20,46	34,45	0,18	-0,83	
XII		12,16	17,47	94,66	1,19	14,18	20,93	35,11	0,12	-0,17	
1986	I	9,67	14,05	119,88	8,71	19,78	23,08	42,86	0,29	-0,61	
	II	14,22	21,88	88,72	-5,09	12,79	19,98	32,77	6,25	-35,50	
	III	11,67	17,17	74,64	-3,34	11,88	22,46	34,33	38,25	-5,31	
	IV	6,48	7,91	98,48	15,21	18,52	25,65	44,17	11,47	-31,52	
	V	6,05	5,60	74,51	13,44	16,98	26,05	43,01	47,87	-43,95	
	VI	2,74	2,95	137,38	25,03	20,49	26,20	46,74	152,28	-56,53	
	VII	3,55	2,53	125,55	24,82	19,68	25,57	45,25	163,92	-61,92	
	VIII	4,88	4,09	150,67	21,49	17,74	24,13	41,84	229,91	-57,07	
	IX	7,76	8,78	141,83	15,95	17,08	22,55	39,60	13,80	-26,19	
	X	12,39	14,80	81,53	1,39	12,03	20,52	32,49	11,37	-44,98	
	XI	11,98	17,03	67,22	2,84	14,96	20,59	35,55	158,04	-2,08	
	XII	12,24	18,23	98,21	-0,50	14,95	21,39	36,31	11,75	-2,46	
1987	I	13,68	23,05	87,91	-5,07	14,95	20,16	35,17	15,04	0,00	
	II	11,37	18,10	83,92	2,90	16,20	21,96	38,10	0,18	-0,04	
	III	13,30	19,31	78,91	-0,79	14,82	20,23	35,05	0,04	-0,01	
	IV	11,16	13,15	88,20	3,62	14,75	22,05	36,79	8,30	-4,69	
	V	4,59	5,00	97,90	20,67	20,65	25,52	46,19	49,89	-47,91	
	VI	3,67	3,83	134,06	23,17	19,94	25,18	45,14	211,68	-40,75	
	VII	4,16	10,00	138,69	23,25	18,43	24,37	42,75	61,34	-30,33	
	VIII	5,48	7,81	116,22	19,42	19,10	23,71	42,81	80,68	-20,89	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1987	IX	6,89	11,18	141,46	14,30	18,25	23,43	41,68	47,53	-21,81
	X	11,94	15,90	68,69	-0,64	11,02	21,62	32,63	4,22	-3,80
	XI	10,67	15,91	94,66	9,59	17,06	21,16	38,23	1,22	-1,08
	XII	11,68	17,31	87,11	3,08	15,76	21,51	37,23	6,60	-5,50
1988	I	12,32	19,11	75,47	0,12	14,96	21,14	36,15	0,28	-0,87
	II	9,72	15,90	83,66	4,03	16,68	23,89	40,73	6,12	-19,66
	III	9,55	12,13	85,46	7,03	18,93	23,25	42,17	3,57	-0,20
	IV	9,01	9,53	86,20	11,63	18,58	23,18	41,76	32,18	-8,60
	V	4,11	3,43	94,09	20,05	20,77	26,16	46,93	137,81	-24,59
	VI	2,73	0,26	121,12	26,51	21,56	25,16	46,71	362,28	-21,20
	VII	3,13	0,07	132,87	25,76	19,44	24,85	44,28	423,77	-33,79
	VIII	4,98	3,00	132,67	20,30	18,82	23,73	42,54	206,77	-27,71
	IX	7,04	6,36	105,00	17,49	18,38	22,68	41,00	49,15	-14,88
	X	11,40	14,29	67,20	2,82	11,21	22,37	33,53	39,35	-3,47
	XI	11,75	15,37	91,25	2,80	16,71	21,56	38,29	0,48	-0,13
	XII	11,56	15,86	109,99	2,32	16,74	21,62	38,32	39,89	-37,65
1989	I	12,16	15,86	100,89	-0,45	15,10	21,22	36,30	8,30	-88,57
	II	10,34	12,58	113,61	0,89	15,81	23,12	38,93	9,95	-24,54
	III	8,89	9,42	88,81	5,93	18,65	24,06	42,70	50,13	-28,66
	IV	6,54	7,29	100,39	13,15	18,85	25,79	44,57	11,71	-4,93
	V	4,95	3,52	79,52	16,60	20,31	26,40	46,65	95,50	-15,70
	VI	2,13	-0,13	122,27	26,93	21,53	26,62	48,17	371,46	-43,92
	VII	4,24	2,27	109,60	21,30	19,86	25,22	45,04	132,78	-39,48
	VIII	3,98	3,57	131,43	20,74	19,35	24,81	44,18	215,08	-93,71
	IX	5,90	4,93	93,61	19,52	18,96	23,76	42,70	38,51	-7,31
	X	8,56	8,97	107,43	11,47	17,39	23,04	40,44	34,05	-4,31
	XI	9,83	14,12	93,70	4,81	17,13	23,40	40,53	4,65	-0,82
	XII	10,78	14,34	122,37	2,90	16,94	22,29	39,17	0,73	-0,15
1990	I	10,93	14,54	115,97	0,66	15,75	22,45	38,31	0,94	-1,96
	II	10,02	13,11	97,07	4,70	16,33	23,35	39,68	1,90	-0,41
	III	9,07	9,84	123,56	4,56	16,58	24,39	40,97	11,21	-0,16
	IV	5,34	6,31	94,53	18,59	21,58	26,27	47,85	13,63	-11,06
	V	5,43	4,65	102,00	16,05	19,44	26,24	45,68	51,62	-22,61
	VI	3,80	2,52	110,06	22,76	21,27	25,52	46,61	72,49	-24,46
	VII	3,89	1,42	139,94	24,05	20,67	24,79	45,46	271,36	-25,41
	VIII	4,24	1,90	112,21	20,85	20,21	24,82	45,03	242,92	-18,83
	IX	5,81	4,54	111,16	18,94	20,99	24,66	45,64	38,40	-11,30
	X	9,98	11,36	83,19	7,78	16,17	22,05	38,18	5,99	-1,73
	XI	8,02	9,32	118,30	11,42	20,60	23,49	44,09	2,06	-3,61
	XII	10,54	17,43	82,58	5,73	16,28	22,62	38,90	12,99	-0,12
1991	I	10,83	14,69	101,39	-0,95	15,28	22,81	38,33	0,75	-1,21
	II	12,07	17,50	80,63	1,47	16,55	21,48	37,95	0,30	-0,07

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1991	III	11,33	16,03	72,23	-0,04	14,63	22,44	37,09	0,13	-0,87	
	IV	7,71	9,25	69,18	12,62	19,86	24,39	44,28	8,68	-5,22	
	V	5,33	4,28	81,23	18,38	20,77	25,52	46,21	27,83	-13,55	
	VI	4,33	2,68	115,35	19,87	19,40	24,90	44,30	130,55	-30,82	
	VII	2,74	0,72	151,31	25,73	20,09	25,34	45,44	305,37	-91,59	
	VIII	2,93	1,00	137,44	25,72	21,33	25,03	46,37	213,67	-38,40	
	IX	6,67	5,74	111,25	17,01	18,50	23,37	41,87	18,39	-19,38	
	X	8,01	8,16	101,80	11,22	17,46	24,11	41,55	8,53	-10,74	
	XI	10,77	16,42	76,52	2,64	13,70	22,45	36,16	0,28	-0,19	
	XII	12,55	17,04	85,17	-0,75	15,12	21,13	36,26	33,48	-29,43	
	1992	I	11,19	16,34	103,21	-1,79	14,63	22,83	37,51	0,68	-0,30
		II	10,31	13,42	95,66	2,99	18,77	22,96	41,76	0,63	-0,56
III		8,62	10,65	102,60	6,84	18,13	24,53	42,65	0,94	-3,81	
IV		8,41	9,03	95,45	9,94	18,82	24,26	43,03	2,63	-7,70	
V		7,39	6,58	84,35	11,64	17,65	24,77	42,41	16,77	-9,24	
VI		2,52	1,27	117,60	24,48	21,36	26,80	48,17	161,50	-49,63	
VII		4,99	3,63	101,23	18,70	18,16	24,86	43,02	26,76	-34,95	
VIII		3,86	2,87	118,09	21,99	17,61	26,33	43,87	79,09	-46,35	
IX		7,14	6,19	92,59	14,99	18,71	23,96	42,62	14,57	-11,73	
X		9,58	11,64	117,23	8,98	17,83	22,18	40,03	1,69	-2,94	
XI		10,19	13,72	117,61	7,76	17,82	22,31	40,13	0,58	-0,91	
XII		12,74	19,51	85,35	-3,55	12,58	21,35	33,87	0,52	-0,76	
1993	I	9,65	13,44	139,17	4,62	17,62	23,68	41,31	1,66	-0,65	
	II	12,97	17,49	97,31	-4,17	13,34	21,14	34,49	0,26	-0,07	
	III	10,91	12,86	87,22	4,87	17,50	22,25	39,80	2,29	-1,72	
	IV	7,22	7,58	70,53	12,81	20,62	24,67	45,25	36,41	-4,08	
	V	4,31	3,43	98,30	17,66	19,78	26,72	46,51	89,39	-27,11	
	VI	4,50	2,89	100,36	21,55	20,70	24,97	45,73	61,05	-21,81	
	VII	3,54	1,93	154,75	24,06	20,84	24,99	45,83	161,47	-31,88	
	VIII	6,27	5,20	101,16	16,42	18,14	23,34	41,56	89,29	-21,15	
	IX	6,95	7,04	110,19	17,47	19,23	23,09	42,43	37,97	-9,15	
	X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	XI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	XII	8,18	11,44	139,36	8,41	20,64	24,13	44,91	0,61	-0,41	
1994	I	8,95	12,85	101,32	9,03	19,03	23,70	42,82	1,28	-2,76	
	II	11,28	18,07	84,35	0,11	15,11	22,12	37,75	0,47	-29,68	
	III	9,38	12,64	118,55	6,19	19,05	23,18	42,69	3,45	-0,80	
	IV	7,16	8,31	90,72	14,89	19,66	24,50	44,22	4,02	-2,49	
	V	5,55	5,67	113,79	18,64	20,53	25,21	45,88	45,53	-21,65	
	VI	5,82	4,28	110,86	17,72	19,38	23,44	43,10	33,58	-15,84	
	VII	4,13	2,06	114,69	19,49	19,11	25,16	44,13	111,10	-33,00	
	VIII	3,43	1,26	119,08	23,61	20,06	25,91	45,85	194,47	-31,27	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1994	IX	4,80	3,99	143,48	19,10	18,06	25,09	43,15	41,06	-23,92
	X	9,91	12,05	99,71	7,42	14,98	22,48	37,54	16,60	-1,16
	XI	11,21	14,94	105,87	2,12	15,15	22,14	37,29	4,91	-2,96
	XII	10,97	16,36	85,04	4,00	17,81	21,91	39,77	0,46	-5,80
1995	I	9,60	14,90	113,31	4,93	18,45	23,58	42,26	0,07	-0,63
	II	9,94	12,26	102,20	4,32	17,30	23,38	40,42	1,17	-0,69
	III	9,08	10,37	105,39	6,93	19,16	24,19	43,13	1,28	-2,81
	IV	7,42	7,15	109,56	15,02	20,46	25,06	45,11	28,88	-14,21
	V	4,13	3,40	123,02	20,54	21,26	25,60	46,97	172,00	-29,21
	VI	2,33	0,64	140,62	25,40	21,01	26,32	47,29	294,48	-59,62
	VII	4,04	2,80	123,26	20,32	19,29	24,18	43,46	92,66	-22,54
	VIII	4,80	2,94	110,83	20,61	18,65	24,47	43,01	141,59	-22,53
	IX	6,59	5,99	105,48	17,36	18,31	23,06	41,32	20,67	-12,14
	X	10,77	11,91	71,49	5,03	12,13	22,59	34,89	1,50	-0,49
	XI	12,63	16,69	73,94	1,81	14,93	20,66	35,47	1,35	-0,78
	XII	15,12	21,13	87,64	-3,29	13,46	18,63	31,90	0,00	0,00
1996	I	13,01	23,63	82,31	-0,01	14,16	21,14	35,07	0,00	0,00
	II	13,88	20,86	115,92	-4,55	13,50	19,73	33,37	0,00	0,00
	III	11,36	16,30	72,59	0,48	16,16	22,17	38,69	0,35	-0,01
	IV	8,14	8,31	84,34	10,69	17,35	24,83	42,02	8,43	-0,44
	V	3,12	1,64	112,56	23,66	20,45	27,27	47,66	170,36	-45,82
	VI	5,55	3,85	120,12	18,38	18,41	24,53	42,79	102,86	-29,31
	VII	3,57	3,15	162,90	23,68	19,47	25,21	44,03	54,60	-47,15
	VIII	5,17	3,85	96,11	18,69	17,33	25,45	42,61	57,07	-44,92
	IX	8,08	8,01	80,63	14,75	17,28	23,18	40,51	3,78	-5,21
	X	9,59	10,14	63,12	7,77	15,39	22,95	38,24	2,44	-2,87
	XI	7,75	10,41	108,71	12,29	17,14	24,55	41,69	1,58	-1,00
	XII	12,72	18,45	79,77	-1,58	13,47	20,88	34,35	0,00	-0,07
1997	I	13,76	20,71	92,08	-7,15	12,51	20,67	33,11	0,01	-0,07
	II	10,94	14,87	105,52	1,84	16,38	22,86	39,01	0,20	-0,85
	III	11,14	12,65	106,76	2,91	17,05	22,54	39,43	0,14	-1,06
	IV	9,30	9,36	64,23	6,81	18,35	23,49	41,97	14,01	-5,54
	V	3,95	2,64	111,70	20,13	20,65	26,73	47,51	146,36	-29,57
	VI	4,03	1,64	117,29	20,64	19,95	24,83	44,91	154,31	-27,97
	VII	2,11	-0,54	135,27	27,73	21,81	25,05	46,78	424,29	-26,39
	VIII	3,61	1,37	127,39	24,60	20,34	24,72	45,02	229,89	-23,33
	IX	9,38	8,08	87,43	7,95	15,99	22,73	38,58	6,80	-5,55
	X	9,25	9,18	111,78	6,80	16,72	23,48	40,30	1,16	-9,33
	XI	9,46	14,67	91,62	10,37	18,22	22,25	40,57	0,00	0,00
	XII	11,51	20,59	73,76	0,25	13,92	22,49	35,90	0,00	0,00
1998	I	11,11	14,13	65,04	-0,97	15,09	22,25	38,11	2,07	-0,02
	II	13,23	16,08	102,95	3,06	14,15	21,13	34,18	0,00	0,00

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1998	III	12,26	13,10	66,39	0,06	15,30	22,26	36,59	0,24	0,00	
	IV	8,34	7,63	106,92	8,50	17,30	24,39	41,24	2,30	-5,16	
	V	6,68	5,03	82,77	13,36	18,24	25,23	43,21	68,18	-9,43	
	VI	4,27	2,06	137,27	22,81	18,74	24,25	43,63	227,67	-45,21	
	VII	4,24	2,68	149,58	21,31	18,71	24,24	43,08	203,28	-25,30	
	VIII	5,88	3,81	136,34	17,94	17,66	23,47	41,57	136,18	-26,42	
	IX	7,87	6,10	101,67	12,31	16,41	22,54	39,16	37,59	-14,37	
	X	10,43	12,66	115,46	12,06	15,58	20,89	36,58	5,90	-5,62	
	XI	12,44	18,59	86,22	2,49	16,26	20,54	36,70	5,33	-0,20	
	XII	12,59	19,25	87,54	-1,15	13,43	20,99	34,62	0,04	-0,15	
	1999	I	9,72	16,49	87,53	7,19	17,17	23,17	40,39	0,06	-0,06
		II	7,47	9,99	125,55	8,89	21,83	25,15	47,31	2,00	-1,28
III		8,71	11,27	94,62	7,94	17,43	24,85	42,08	1,61	-4,65	
IV		6,57	5,47	93,48	12,37	18,72	25,60	44,36	29,11	-6,61	
V		6,88	5,63	93,85	12,11	18,73	25,52	44,08	36,51	-17,59	
VI		1,19	-1,18	148,24	26,34	20,34	27,48	48,10	832,77	-57,55	
VII		1,57	-0,02	142,09	28,56	20,35	26,08	46,63	415,89	-68,18	
VIII		6,25	3,80	125,04	20,63	18,03	23,23	40,56	143,76	-44,10	
IX		8,02	6,63	93,44	13,04	15,58	22,91	38,70	24,63	-30,43	
X		7,07	7,09	113,82	12,68	19,58	24,26	44,09	68,51	-2,38	
XI		11,36	17,93	102,68	4,61	13,51	21,71	35,39	0,00	-0,31	
XII		11,26	13,99	137,76	4,37	15,89	21,84	37,80	0,43	-6,55	
2000	I	12,15	15,77	91,05	-0,32	16,93	21,89	38,52	1,97	-22,54	
	II	10,91	13,79	99,82	2,34	15,69	23,53	38,70	0,43	-0,26	
	III	8,39	10,30	137,79	7,09	19,43	24,60	44,35	48,42	-38,77	
	IV	4,89	4,97	97,56	19,99	21,03	25,90	47,06	52,93	-21,49	
	V	6,44	5,78	84,76	14,30	17,98	25,10	43,08	33,57	-19,36	
	VI	5,34	3,91	105,45	18,64	18,77	25,00	43,72	71,90	-34,09	
	VII	3,27	0,58	147,58	24,67	20,40	25,26	45,78	208,20	-27,18	
	VIII	6,55	3,03	95,24	13,16	14,90	25,29	40,05	174,38	-50,45	
	IX	8,10	7,70	90,97	11,29	17,10	22,76	40,26	6,81	-6,74	
	X	11,01	12,56	58,76	-0,13	12,05	22,43	34,44	1,21	-1,70	
	XI	7,89	14,22	103,84	11,19	18,06	24,72	42,56	2,15	-0,92	
	XII	7,72	12,16	109,75	10,20	20,16	24,43	44,71	4,72	-1,81	
2001	I	10,17	15,47	84,53	3,84	16,93	23,29	39,94	0,18	-2,05	
	II	9,33	12,95	120,32	4,78	18,67	23,80	42,76	0,72	-1,61	
	III	10,35	12,17	99,43	4,53	16,30	23,37	39,41	2,44	-3,73	
	IV	6,24	4,66	69,46	13,65	19,97	25,82	45,98	38,58	-10,22	
	V	6,41	4,19	77,05	11,09	18,33	26,01	44,38	103,46	-17,64	
	VI	5,76	2,64	79,69	17,52	18,41	25,74	44,17	100,14	-18,24	
	VII	3,02	-1,77	92,07	21,05	17,41	27,77	45,61	688,16	-66,85	
	VIII	5,25	2,42	102,70	19,17	17,58	24,89	42,41	201,78	-23,84	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2001	IX	7,39	6,20	78,12	13,81	17,80	23,25	41,36	25,92	-10,15
	X	10,56	11,20	83,13	5,95	14,87	22,00	36,58	28,31	-3,95
	XI	11,26	12,93	112,46	5,43	16,67	22,45	38,75	2,07	-0,64
	XII	12,02	19,41	89,61	-1,32	15,72	22,87	37,88	0,03	0,00
2002	I	11,28	19,15	85,12	1,76	15,45	22,76	37,98	0,00	0,00
	II	9,54	9,47	110,11	0,45	15,28	25,52	40,10	1,01	-1,68
	III	9,73	10,31	89,67	-3,52	12,97	24,28	38,24	0,74	-1,88
	IV	7,55	5,97	51,90	5,60	15,67	25,92	42,29	13,41	-6,15
	V	7,06	4,53	71,12	11,76	15,60	25,56	40,63	62,79	-5,32
	VI	7,49	4,52	95,01	13,07	16,21	23,78	39,82	27,98	-20,35
	VII	5,67	2,28	88,50	16,67	14,58	26,41	40,82	211,85	-50,25
	VIII	5,31	2,76	83,58	17,45	16,55	25,51	42,24	96,23	-35,32
	IX	5,58	5,40	89,56	19,38	18,95	24,77	43,82	49,60	-19,96
	X	9,35	10,04	106,83	9,82	17,56	22,38	40,23	5,16	-8,05
	XI	10,89	14,82	91,63	5,92	15,71	21,92	37,49	2,43	-0,39
	XII	13,47	22,46	81,36	0,26	15,43	20,01	35,55	0,11	-0,01
2003	I	13,01	18,88	92,82	1,43	15,83	20,81	36,19	0,21	-1,13
	II	12,81	20,57	69,83	1,09	15,63	21,30	36,60	0,66	-0,07
	III	10,39	13,83	91,53	3,75	17,22	23,24	40,48	0,83	0,00
	IV	9,26	9,58	71,04	4,22	16,44	24,98	40,86	1,82	-5,48
	V	5,10	2,90	112,07	14,11	16,21	26,98	43,36	245,71	-57,84
	VI	5,48	3,22	97,57	18,50	18,68	25,26	44,02	84,58	-30,76
	VII	3,45	0,68	107,50	24,51	19,66	25,62	45,29	174,56	-31,66
	VIII	4,53	1,98	114,30	21,76	19,30	25,32	44,64	116,83	-30,75
	IX	7,78	6,64	65,21	12,05	17,74	23,42	41,24	18,43	-14,65
	X	9,62	9,96	101,50	11,33	17,50	22,33	39,81	4,96	-5,32
	XI	9,75	16,49	87,89	9,03	15,96	22,98	38,82	0,15	-1,32
	XII	11,65	17,22	82,77	1,05	13,72	22,16	35,89	0,00	0,00
2004	I	10,74	16,24	94,55	4,50	19,01	22,34	41,40	0,18	-0,03
	II	10,27	14,73	102,15	4,48	17,77	23,12	40,76	0,39	-0,06
	III	9,78	10,84	86,13	2,49	16,97	23,72	40,65	7,41	-3,83
	IV	8,67	7,89	83,45	6,93	17,83	24,21	42,04	18,73	-17,04
	V	6,60	5,16	81,58	16,04	19,20	24,96	44,18	31,56	-12,02
	VI	5,62	3,70	83,95	16,63	18,64	25,06	43,79	52,48	-33,13
	VII	3,53	0,66	115,23	23,12	19,88	25,23	45,23	295,48	-36,06
	VIII	4,64	1,81	117,79	22,77	18,63	24,35	42,93	153,48	-40,02
	IX	7,00	6,07	104,70	15,24	17,54	23,54	41,13	60,10	-11,18
	X	8,85	9,70	89,71	9,97	16,81	22,94	39,78	4,85	-2,97
	XI	10,67	14,68	84,22	5,19	15,29	21,94	37,23	0,09	-0,71
	XII	10,65	15,28	110,20	4,83	17,17	22,45	39,55	0,06	-0,45
2005	I	9,72	12,45	100,51	5,81	19,22	23,45	42,53	0,28	-0,97
	II	10,69	16,68	62,04	3,06	17,13	22,49	40,03	0,00	0,00

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2005	III	11,67	13,15	96,88	1,45	17,70	21,81	39,45	0,55	-1,89	
	IV	7,84	8,02	86,81	12,11	17,91	24,47	42,36	8,61	-6,02	
	V	5,14	3,46	108,40	17,46	19,15	26,00	45,12	120,10	-30,90	
	VI	5,58	3,32	93,63	19,15	19,15	24,51	43,62	65,35	-17,47	
	VII	3,38	0,41	109,36	24,66	19,72	25,55	45,21	286,73	-34,64	
	VIII	5,05	2,82	113,11	20,91	18,03	23,91	41,94	112,06	-33,07	
	IX	7,30	5,52	63,49	12,13	16,83	23,50	40,34	29,78	-16,01	
	X	9,19	10,47	81,69	9,59	16,01	22,93	38,94	3,69	-7,37	
	XI	9,86	15,20	83,89	7,83	16,86	22,88	39,70	0,13	-1,75	
	XII	10,82	14,13	82,09	4,36	18,43	22,29	40,59	0,42	-0,65	
	2006	I	13,80	22,40	74,80	-3,44	13,68	20,26	33,95	0,55	0,00
		II	11,32	16,13	83,19	3,86	18,12	21,94	40,18	0,00	0,00
III		11,28	14,76	97,56	4,30	16,85	21,61	38,60	0,00	0,00	
IV		7,82	6,91	61,58	9,38	18,36	25,09	43,35	9,54	-6,35	
V		5,35	4,72	90,40	17,47	19,18	26,69	45,86	33,41	-52,79	
VI		4,03	2,41	109,73	22,10	19,82	25,85	45,67	149,59	-52,58	
VII		4,92	2,47	102,00	19,10	18,29	24,96	43,17	146,14	-32,67	
VIII		5,05	2,45	128,42	21,09	18,28	24,21	42,65	79,74	-31,78	
IX		6,31	4,25	67,19	16,31	18,04	24,63	42,68	13,35	-12,64	
X		8,80	10,05	94,96	9,04	15,40	23,24	38,54	11,11	-19,99	
XI		9,48	12,84	88,92	8,51	17,19	23,09	40,34	0,13	-0,13	
XII		10,78	14,79	94,44	2,06	15,64	22,59	38,31	0,15	-0,54	
2007	I	9,26	10,94	121,14	6,78	18,96	23,71	42,69	0,07	-2,04	
	II	12,88	19,12	91,40	-2,46	14,13	20,72	34,94	0,10	0,00	
	III	9,67	11,23	85,58	6,71	16,81	23,63	40,36	1,30	-0,13	
	IV	8,29	7,65	72,50	8,93	18,18	25,08	43,28	8,99	-7,14	
	V	4,12	3,02	118,80	18,62	17,93	28,18	46,16	130,40	-48,41	
	VI	3,90	1,70	96,19	21,65	18,93	26,45	45,34	129,79	-40,30	
	VII	3,61	1,76	142,29	23,70	18,65	26,32	44,94	163,28	-62,02	
	VIII	5,79	3,18	94,65	18,33	15,52	25,43	41,01	92,34	-59,96	
	IX	7,84	6,38	85,14	14,35	15,77	23,93	39,70	16,32	-22,57	
	X	9,11	10,58	68,42	10,36	15,83	23,16	39,30	0,09	-1,89	
	XI	11,29	14,68	92,78	5,06	16,34	21,90	38,24	0,81	-1,58	
	XII	11,80	18,46	72,90	3,79	15,69	21,52	37,09	0,01	0,00	
2008	I	10,03	17,09	93,39	3,03	16,66	23,56	40,25	0,00	0,00	
	II	10,56	13,76	89,28	-0,51	15,01	23,67	38,68	0,07	-1,22	
	III	8,42	8,73	108,53	5,76	17,94	25,46	43,26	1,49	-0,23	
	IV	7,29	7,22	68,68	11,08	17,32	25,40	42,81	3,58	-5,75	
	V	6,82	4,73	69,02	11,87	16,71	26,16	42,85	23,39	-23,53	
	VI	6,30	3,96	72,97	16,49	16,42	25,34	41,76	39,38	-27,62	
	VII	5,01	1,71	96,61	19,44	17,10	25,84	42,92	134,57	-51,11	
	VIII	6,92	4,11	92,13	15,02	14,26	24,88	39,14	71,97	-40,09	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2008	IX	8,85	7,79	74,83	11,69	14,21	23,15	37,52	2,20	-24,21
	X	11,63	12,44	83,62	5,23	12,52	20,98	33,62	4,78	-2,77
	XI	10,44	14,11	103,13	4,36	14,93	22,55	37,54	0,04	-0,01
	XII	9,41	16,07	103,67	6,33	17,33	23,71	40,85	0,00	0,00
2009	I	10,88	16,75	88,66	0,34	15,73	22,80	38,42	0,00	0,00
	II	8,57	13,27	70,25	7,43	19,88	24,41	44,29	0,00	0,00
	III	8,81	10,69	91,48	6,70	18,70	24,65	43,41	0,05	-1,38
	IV	9,86	10,34	73,28	0,92	12,23	25,25	37,48	0,00	0,00
	V	5,42	5,03	79,87	14,88	18,07	27,00	45,08	185,44	-47,03
	VI	3,52	1,58	146,84	22,73	18,78	27,02	45,81	307,09	-80,86
	VII	2,81	0,76	138,86	25,18	19,53	25,71	45,24	349,88	-58,74
	VIII	6,45	4,56	87,51	14,60	16,84	23,86	40,73	46,27	-26,96
	IX	7,90	5,65	66,03	13,07	15,69	23,75	39,44	14,65	-13,74
	X	9,61	10,90	107,29	9,43	15,77	22,35	38,16	0,47	-5,86
	XI	9,31	12,09	97,61	7,44	16,99	23,05	40,16	0,35	-1,17
	XII	11,53	18,18	85,19	5,01	16,60	21,18	37,76	0,01	-0,04
2010	I	10,80	20,60	95,60	3,50	17,89	22,07	40,06	6,83	-52,74
	II	10,20	16,80	79,57	7,28	17,84	22,54	40,33	0,00	0,00
	III	9,54	11,69	94,08	2,92	17,00	23,91	41,19	0,36	-0,88
	IV	6,99	6,72	77,83	11,00	19,02	25,62	44,60	4,01	-11,55
	V	4,28	2,17	80,96	20,39	19,11	26,75	45,89	120,37	-52,03
	VI	4,52	2,33	121,01	20,00	17,41	25,64	42,90	156,91	-73,97
	VII	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VIII	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IX	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	XI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	XII	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Джерело: сформовано автором на основі даних з УкрГМІ