

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

На правах рукопису

УДК 551.575,1

ТУМАНИ І МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ, ЩО ЇХ
СУПРОВОДЖУЮТЬ (НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента 4-го курсу
освітнього рівня бакалавр

Брагінця Романа Ігоровича

Науковий керівник:
доцент Затула В. І.

Допустити до захисту:

Завідувач кафедри метеорології та кліматології, проф.Сергій СНІЖКО

«__»_____ 2025 р.

КИЇВ - 2025

Зміст

Вступ.....	3
Розділ 1 Туман - загальні положення.....	5
1.1. Загальна характеристика.....	5
1.2. Класифікація туманів.....	9
Розділ 2 Чинники і синоптичні умови утворення туманів на території України.....	18
2.1. Загальні положення.....	18
2.2. Циркуляційні процеси.....	21
Розділ 3 Особливості утворення і поширення туманів в Київській області.....	23
3.1. Періодичність утворення туманів на метеостанціях.....	23
3.2. Метеоумови, що супроводжують туманоутворення.....	32
Висновки.....	36
Список використаної літератури.....	37

ВСТУП

Актуальність дослідження зумовлена високою повторюваністю обмеження метеорологічної дальності видимості через тумани, що значно впливає на регулярність і безпеку польотів повітряних суден.

Об'єкт дослідження: тумани на території Київської області.

Предмет дослідження: метеорологічні умови туманоутворення.

Методи дослідження: фізико-статистичний аналіз та аналіз інформаційних джерел.

Структура й обсяг роботи. Представлена робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Роботу викладено на 41 сторінці (загальний обсяг дослідження 36 сторінок, без списку використаних джерел та додатків). Список використаної літератури містить 32 джерела.

Метою даної роботи є: дослідження джерел інформації, опрацювання метеорологічних даних, опис умов поширення туманів на території Київської області.

Завданням даної роботи є:

- Дати загальну характеристику такому метеоявищу як туман.
- Дослідити метеорологічні умови, що супроводжують утворення туманів у Київській області.
- Дослідити закономірності поширення туманів на території Київської області.

Туман істотно зменшує видимість в атмосфері, ускладнює рух залізничного, водного і дорожнього транспорту. Особливо несприятливим є туман для авіації, так як льотчику при посадці і зльоті літака необхідно миттєво реагувати на стан злітно-посадкової смуги. Інакше можливі авіакатастрофи і загибель людей. Тим часом, погана видимість продовжує залишатися основною причиною авіакатастроф і аварійних ситуацій на дорогах.

Тумани відносяться до небезпечних атмосферних явищ, що погіршують видимість, і роблять великий вплив не тільки на транспорт, а й на інші види народного господарства. З огляду на це, слід спрямувати зусилля на виявлення дійсних причин виникнення і розподілу туманів. Це дозволить більш точно враховувати ці характеристики при плануванні роботи транспорту та інших галузей. У великих містах все частіше туман поєднується з утворенням смогу, що вкрай несприятливо позначається на здоров'ї та самопочутті людей. Тому вивчення даної тематики є важливим і актуальним на сьогоднішній день.

Детальна характеристика та виявлення закономірностей поширення туману на певній території дають уявлення про регіональні зміни клімату, які відбуваються протягом десятиліть, і можуть бути використаними при прогнозуванні даного явища.

РОЗДІЛ 1

ТУМАН - ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Загальна характеристика

Повітря часто здається нам заму́тненим внаслідок наявності в ньому різних продуктів конденсації. Ці продукти розсіюють світло і призводять до погіршення видимості. Метеорологічною дальністю видимості повітря називається відстань, на якій на фоні неба в світлий час доби можна розрізнити чорне тіло з кутовими розмірами не менше ніж 20 кутових мінут [10].

Якщо помутніння повітря незначне (дальність видимості 1-10 км), то таке явище називають серпанком. Як правило, серпанок спостерігається біля земної поверхні. Якщо розсіювальні частинки менші, ніж довжина світлових хвиль, тобто радіусом в десяті частки міліметра, то серпанок окутує віддалені предмети синьою вуаллю. Білим предметам він надає жовтуватості, що є прикладом явища опалесценції. Якщо сильне помутніння і зменшення видимості викликане не продуктами конденсації, а твердими частинками, то це явище називається імлою. Імла особливо часто виникає в результаті ерозії ґрунтів і пилових бур в пустелях і степах, а також в результаті задимлення повітря при лісових пожежах та над промисловими містами [11].

Якщо продукти конденсації при їх більшій концентрації біля земної поверхні зменшують дальність видимості менше 1 км і призводять до сильного помутніння повітря, то таке явище, відповідно до міжнародного визначення, називають туманом. Тумани при додатних температурах

складені з окремих крапель, розміри яких складають 2-5 мкм. При від'ємних температурах до $-10\dots-15^{\circ}\text{C}$ тумани складені переохолодженими краплями та дрібними кристалами [12]. Зниження видимості в тумані залежить від концентрації ядер конденсації хмари та розподілу розмірів крапель. Також може виникати нерівний туман, особливо там, де взаємодіє повітря з різною температурою та вологістю, що іноді ускладнює застосування цих визначень на практиці. Туман легко відрізнити від серпанку за більш високою відносною вологістю (близько 100%, що має фізіологічно відчутну вологість) і сірим кольором. Серпанок не містить активованих крапель, розмір яких перевищує критичний згідно з теорією Келера [15].

Під час польових кампаній у передмісті Парижа протягом зими 2010–2013 рр. було зафіксовано, що концентрація аерозольних частинок істотно впливає на кількість активованих крапель в тумані, а критична пересиченість повітря варіювалася з медіанним значенням 0.043 %. Це свідчить, що не тільки хімічний вміст, а саме розмір часток аерозолі визначає початок утворення туманних крапель [24].

Туман впливає на діяльність людини різними способами, але його вплив на суспільство значно зріс протягом останніх десятиліть через збільшення повітряного, морського та автомобільного руху [14].

Згідно з практикою спостережень за погодою в США, туман, який приховує менше 6/10 неба, називається наземним. Якщо туман настільки невисокий, що не є перешкодою для огляду на висоті 6 футів над поверхнею, його називають просто неглибоким туманом. В авіаційних

спостереженнях за погодою туман кодується F, а наземний туман GF. Залежно від вологості та температури, туман може утворитися дуже раптово і так само швидко зникнути. Це називається туман-спалах (flash-fog) [15].

Тумани в населених пунктах бувають частіше, ніж поза ними. Цьому сприяє підвищений уміст гігроскопічних ядер конденсації (пилу, кіптяви тощо) в міському повітрі [4].

Поблизу промислових зон туман часто змішується з димом, і це поєднання відоме як смог. Однак краплі туману зазвичай відсутні у фотохімічному смогу, який містить лише неактивовані краплі серпанку [15].

Залежно від значень горизонтальної дальності видимості розрізняють такі види серпанків і туманів:

10-4 км - слабкий серпанок;

4-2 км - помірний серпанок;

2-1 км - сильний серпанок;

до 1 км - слабкий туман;

500-100 м - помірний туман;

менше 100 м - сильний (густий) туман [7].

Важливою характеристикою туманів є їх водність - маса води, що утримується в 1 м куб хмарного повітря. Водність туманів змінюється від 0,001 г/м до 1,5-2,0 г/м³. Чим вища температура повітря, тим вища ймовірність більшої водності туману [12].

У синоптичній метеорології туман вважається неприємним явищем, оскільки через погіршення видимості часто трапляються аварії на дорогах, закриваються аеропорти тощо [1]. Прогнозування туманів залишається одним із найскладніших завдань в операційній метеорології, з огляду на локальний масштаб явища та обмеженість наземних спостережень [21]. Одним з важливих аспектів прогнозування туману є точне передбачення видимості [20]. У тих випадках, коли туман з дальністю видимості 500 м і менше зберігається більше 3 годин, він вважається вже небезпечним явищем. Якщо ж видимість у тумані знижується до 100 м і менше за його збереження понад 12 годин, то в такому разі це вже стихійне метеорологічне явище. На території України рекордний за своєю тривалістю туман був відзначений на одній із метеостанцій Донецької області, у січні 2001 року. Тоді безперервно протягом 89 годин (з 16 по 20 січня) горизонтальна видимість не перевищувала 500 метрів.

За даними спостережень у Європі, частота туманів, імли та димки зменшилась понад удвічі за останні 30 років, що прямо корелюється зі зниженням викидів SO₂ [32].

1.2. Класифікація туманів

За характером фізичних процесів, що зумовлюють утворення туманів, їх можна поділити на два основних класи: тумани охолодження та тумани випаровування [26].

Охолодження повітря біля земної поверхні відбувається при різних процесах, а саме: а) при переміщенні (адвекції) відносно теплої повітряної маси на холодну підстильну поверхню. Тумани такого типу називаються адвективними; б) при радіаційному охолодженні земної поверхні, що зумовить зниження температури приземного шару повітря. Такі тумани називаються радіаційними; в) при сукупній дії факторів а) і б) такі тумани мають назву адвективно-радіаційних; г) при підйомі теплого й вологого повітря по схилах гір, це будуть тумани сходження (тумани схилів) [7].

Адвективні тумани утворюються при переміщенні теплої та вологої повітряної маси на відносно холодну поверхню, що підстилає. Водяна пара починає конденсуватися знизу-вгору в міру охолодження повітря. Чим більша різниця температури, тим інтенсивніше відбувається туманоутворення. У цьому має бути помірна швидкість вітру (2 - 7 м/с). Якщо вона буде занадто високою, то туман може розсіятися, а якщо занадто низькою, то тепла повітряна маса, що переміщується, буде охолоджуватися занадто повільно [4].

Адвективні тумани охоплюють великі території, можуть бути добу і більше. Часто виникають у зимовий період під час відлиг, особливо за наявності снігового покриву [4]. Типовим прикладом регіону з високою повторюваністю сильних адвективних туманів є Арктика. Адвекція відносно теплого континентального повітря на холодні моря призводить тут до утворення значних за площею та стійких областей туманів [7].

У річному ході адвективних туманів на континенті в помірних широтах максимум було помітно восени та весною. Саме в ці періоди спостерігаються найбільші різниці температури між високими та низькими широтами, між сушею та морем. Над морями адвективні тумани найчастіше наявні весною та влітку. Над континентами тривалість адвективних туманів буде меншою, ніж над морями і, особливо улітку, коли тут існує низька відносна вологість. Чіткого добового ходу у формуванні адвективних туманів не спостерігається.

Адвективні тумани мають значну вертикальну протяжність (сотні метрів), а зважаючи на те, що можуть існувати при значних швидкостях вітру та інтенсивному турбулентному перемішуванні, в туманах відбувається коагуляція дрібних крапельок з наступним утворенням і випаданням опадів у вигляді мряки [1].

Слід зазначити, що на відміну від радіаційного туману, адвективний туман може супроводжуватися вітрами будь-якої сили, аж до штормового [19].



Рис. 1.1. Адвективний туман [31].

Ще один різновид адвективних туманів - **приморські тумани**, що спостерігаються на узбережжях, але розповсюджуватися можуть на сотні кілометрів [7]. Утворюються також коли морський бриз переносить тепле та вологе повітря над відносно холодною сушею. Такий туман з'являється наприклад в місцях, де тепле тропічне повітря зустрічається з прохолоднішою океанською водою. Тихоокеанське узбережжя Сполучених Штатів, від Вашингтона до Каліфорнії, часто вкрите адвективним туманом. Холодна Каліфорнійська течія, яка проходить уздовж західного узбережжя Північної Америки, набагато холодніша за тепле повітря вздовж узбережжя [17].

До групи адвективних туманів можна віднести і тумани, що утворюються в зоні контакту теплих і холодних океанічних течій, такі тумани називаються **морськими**. Хорошим прикладом таких туманів є часті щільні тумани, що утворюються біля Гранд-Бенкс Ньюфаундленду влітку, коли вітри від теплої течії Гольфстрім дмуть над холодною Лабрадорською течією [18].

Радіаційні тумани утворюються завдяки нічному радіаційному охолодженню земної поверхні й прилеглого шару повітря та слабкому турбулентному перемішуванню. В умовах нічного радіаційного охолодження утворюється **стабільна інверсія температури**, під якою часто розвиваються радіаційні тумани [23]. Умови утворення створюються на протязі безхмарної та довгої ночі у відносно вологому повітрі, коли вихолодження приводить водяну пару до стану насичення [2]. І якщо вдень ці втрати тепла компенсуються короткохвильовою сонячною радіацією і довгохвильовою радіацією атмосфери, то в нічний час, особливо в ясну погоду, нічого не перешкоджає випромінюванню тепла. Таким чином, при зниженні температури нижче точки роси, починається конденсація водяної пари та утворення туману. При цьому чим вище була відносна вологість у початковий момент, тим менше охолодження потрібне для утворення туману. Часто радіаційні тумани утворюються в низинах, оскільки в нічний час туди стікає холодне (і важче) повітря [4].

Найкраща умова для утворення радіаційного туману – це коли попередньої ночі йшов дощ. Тоді зволожується ґрунт, що полегшує насичення повітря та утворення туману. Туман, про який кажуть, що він «згорає» на ранковому сонці, — це радіаційний туман [17].

Радіаційні тумани більше ніж адвективні залежать від місцевих умов - характеру підстильної поверхні, форм рельєфу, місцевих циркуляцій тощо.

Для утворення радіаційних туманів необхідні такі умови: а) достатня відносна вологість; якщо водяна пара далека від стану насичення, то навіть при значному охолодженні повітря туман не утвориться; б) ясна або малохмарна погода, коли спостерігається значний ефект випромінювання земної поверхні. Створюються сприятливі умови для охолодження ґрунту та прилеглих до нього шарів повітря; в) слабкий вітер (не більше 1-2 м/с). Турбулентність, що при цьому виникає, сприяє охолодженню повітря від земної поверхні. Сильний вітер збільшує інтенсивність турбулентного перемішування, що призводить до більш рівномірного вертикального розподілу температури та меншого охолодження приземного шару повітря [29].

Процес утворення радіаційного туману можна розподілити на такі фази: а) зародження приповерхневого слабого серпанку та початок утворення приземної температурної інверсії повітря; б) утворення тонкого, змінного за товщиною (10-40 м) по вертикалі шару туману. Горизонтальна видимість може коливатися в межах 0,1-0,2 км; в) виникнення оптично-потужного по вертикалі та стійкішого шару туману товщиною близько 20 м, коли глибина інверсії збільшується під його чіткою межею; г) розсіювання туману [7].

Сонячна радіація після сходу Сонця сприяє розсіюванню туману, але менше, ніж, наприклад, поява хмар у результаті чого суттєво погіршується випромінювання з верхньої межі (поверхні) туману, внаслідок чого різко зменшується його водність.

У шарі радіаційного туману можуть спостерігатися гравітаційні хвилі з періодом 10-15 хв, що сприяють формуванню хвилястої структури туману, яку особливо помітно по зміні його щільності на верхній межі. Моделювання показало, що інверсійний шар може простягаться до кількох сотень метрів, під ним створюється конвективний змішувальний шар товщиною 1–6 °С, який може або підтримувати стабільність туману, або сприяти його "розриву" залежно від співвідношення швидкостей термічного та конвективного потоків[30].

Невеликий рослинний покрив з низькою теплоємністю вночі сильно охолоджується, що сприяє утворенню туману.

Зазвичай радіаційні тумани мають незначну вертикальну протяжність. Товщина радіаційних туманів може коливатися від кількох метрів до кількох сотень метрів у стійких антициклонах у холодний період року. Утворення таких потужних радіаційних туманів є результатом поступового тривалого охолодження повітря в нижніх шарах атмосфери, що перебуває в межах антициклону. Такий туман може зберігатися тижнями, охоплюючи суцільно значні за площею території [7].

Радіаційні тумани особливо поширені восени та взимку на Британських островах [16].

Насправді тумани не завжди утворюються лише з однієї причини. Часто спостерігаються поєднання ситуацій, коли адвекція теплого повітря та радіаційне вихолодження посилюють один одного. І тут тумани називаються **адвективно-радіаційними** [4].

Тумани випаровування виникають, коли температура поверхні, що випаровує, вище температури приземного шару повітря. Тут ситуація протилежна порівняно з туманами охолодження: тепер поверхня тепла, а повітря холодне. Такі умови можуть спостерігатись, наприклад, при переміщенні холодного повітря над теплою водною (або сильно зволоженою) поверхнею. Водяна пара, потрапляючи в холодне повітря, швидко охолоджується і починає конденсуватися. Такі тумани називаються надводними. Чим більша температурна різниця між земною поверхнею і повітрям, що переміщається, тим інтенсивніше протікає процес випаровування і тим щільніше туман. Іноді щільні тумани над морями можуть поширюватися вгору, переходячи в хмарність купчастої та шарувато-купчастої форми [4].

Цей тип туману, як правило, має невелику вертикальну протяжність, що впливає на пілотів гідролітаків і пілотів, які злітають на смугах, що розташовані біля води [31].

Тумани випаровування утворюються швидко. Їх можна побачити, наприклад, над Кольською затокою, яка не замерзає. Подібні тумани часто формуються над Великими озерами в Північній Америці в осінній період [7].



Рис. 1.2. Туман випаровування [31].

До туманів випаровування належать також і тумани, виникнення яких пов'язане із процесами на атмосферних фронтах. Зокрема, це **передфронтальні тумани**. Механізм їхнього утворення такий: фронтальні опади зволожують ґрунт. У результаті посиленого випаровування як із ґрунту, так із падаючих крапель дощу повітря біля земної поверхні досягає стану насичення, внаслідок чого утворюється туман, що спостерігається разом з дощем, утворюючи суцільну смугу перед фронтами. Додатковою причиною утворення фронтальних туманів є адіабатичне зменшення температури повітря, що пов'язане з підйомом повітря по фронтальній поверхні.

Можна виділити ще один **тип туману - міський**, що утворюється при забрудненні повітря, великою кількістю речовин, які виступають ядрами конденсації. Міський туман виникає найчастіше вранці при відносній вологості 70-90%. До міських туманів належать також морозні тумани, механізм утворення яких аналогічний міським [7].

Умови забрудненого міського повітря можуть сприяти явищу “розриву”— раптовому зменшенню видимості під час туману. Це явище пов'язане з нестабільною мікрофізичною структурою крапель і неоднорідним розподілом аерозолів у приземному шарі[28].

«Гороховий суп» — це міський тип туману, який утворюється, коли вода конденсується навколо мікроскопічних частинок вугілля. Цей туман часто буває коричнево-жовтого кольору, що дає назву. «Горохові супи» поширені в регіонах, де для отримання енергії спалюють вугілля.

Лондонський туман 1952 року, який убив 12 000 людей навколо міського центру Лондона, Англія, був саме таким туманом. «Великий Туман» призвів до прийняття законодавства, яке регулювало вугільну промисловість і забруднення повітря у Сполученому Королівстві[17]



Рис. 1.3. «Великий Туман» у Лондоні, 1952 рік.

РОЗДІЛ 2

ЧИННИКИ І СИНОПТИЧНІ УМОВИ УТВОРЕННЯ ТУМАНІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

2.1. Загальні положення

Тумани всіх типів виникають, коли температура й точка роси повітря стають однаковими (або майже такими). Це може відбутися через охолодження повітря трохи вище його точки роси (створення туману з адвекцією, радіаційного туману або туману, що піднімається на схил), або шляхом додавання вологи та підвищення точки роси (створення туману з парою або фронтального туману). Туман рідко утворюється, коли розкид точки роси перевищує 4°F [15]. Раннє дослідження показало, що тумани часто формуються над сніговим покривом через ефективне охолодження нижнього шару атмосфери внаслідок високого альбедо снігу. Це призводить до швидкого зниження температури повітря до точки роси, що є пусковим механізмом для утворення радіаційного туману навіть за умов відносно низької вологості[22]. У дослідженні на основі супутникових спостережень визначено, що життєвий цикл туману може складатися з кількох фаз: формування в нічний час, збереження вранці та поступове розсіювання під впливом сонячного випромінювання. У регіонах з частими інверсіями температури (наприклад, у міжріччях та низинах) тумани можуть триматися протягом більшої частини доби [27].

Аналіз аерозолі в атмосфері України показав, що аерозольні частки грають важливу роль у процесі конденсації водяної пари, що впливає на частоту та щільність туманів, особливо у урбанізованих регіонах[25].

Найчастіше тумани виникають при найбільшому охолодженні земної поверхні, тобто вранці.

У горах тумани утворюються будь-якої частини доби, але усе-таки дещо частіше вони з'являються у після полуденні години. Справа в тому, що в цей час виникають висхідні рухи повітря, воно адіабатично охолоджується і на схилах утворюється туман. Правда, для спостерігача, який перебуває в долині – це звичайні хмари [13].

Замерзаючі тумани в Україні найчастіше утворюються в умовах інверсії температури повітря, особливо в осінньо-зимовий період, коли температура повітря опускається нижче 0 °С. Такі тумани спостерігаються переважно в нічні та ранкові години, а найбільшу інтенсивність прояву мають у північних та центральних областях України, де тривалість їх існування може перевищувати 5–6 годин. Автор також підкреслює, що замерзаючі тумани становлять небезпеку для транспорту та інфраструктури через утворення ожеледиці.

Україна знаходиться у центральній частині материка Євразія. Для її території характерні складні фізико-географічні умови, які впливають на формування погоди і клімату, таким чином забезпечуючи велику різноманітність його прояву. Це призводить до частого повторювання атмосферних явищ (зокрема туману), у тому числі й небезпечних і стихійних.

Територія України перерізана багатьма річками, головними з яких є Дніпро з численними притоками (найбільші з них Прип'ять і Десна), що перетинає країну і ділить її навпіл, на Правобережну і Лівобережну, а також Дністер, Південний Буг і Північний Донець, які належать до басейну Чорного і Азовського морів. Лише на крайньому заході прикордонні річки Сан і Західний Буг – притоки р. Вісла, впадають в Балтійське море [3].

Особливістю України є те, що на заході, сході і півночі переважають рівнини, на південному-заході і південному березі Криму – гірські масиви, а південні узбережжя омиваються водами Чорного і Азовського морів. Рівнинні ділянки забезпечують просування на територію України холодних повітряних мас з Арктики та сухих і посушливих повітряних мас із Азії. Найчастіше тумани виникають на гірських вершинах Українських Карпат та Кримських гір за рахунок орографічного фактора підняття повітря схилами, що призводить до його адіабатичного охолодження. Найбільша кількість відмічається на південно-західних схилах Українських Карпат (Плай, 236 днів), які розташовані на шляху вологонесучих потоків. Водночас на південно-східних схилах (Пожежевська) їх кількість зменшується до 100 днів внаслідок розташування станції на підвітряному схилі [8].

У Кримських горах (Ай-Петрі) кількість днів з туманом становить 182. Значна кількість днів (80-115) відмічається на південних навітряних схилах Донецької та Приазовської височин (Донецька та Луганська області). Тут їх збільшення зумовлено головним чином характером рельєфу, тобто орографічним фактором, а також забрудненням повітря промисловими викидами.

В Україні сприятливі умови для виникнення сильного туману створюються в жовтні (4%), коли активізуються процеси адвекції тепла та вологи над охолодженою земною поверхнею.

Поступово процес туманоутворення посилюється і досягає максимуму в січні (34%), потім він повільно затухає і у березні становить всього 5%. У літній сезон (травень-серпень) сильні тумани бувають лише в Українських Карпатах на північно-східних схилах (Пожежевська), чому сприяють як циркуляційні, так і місцеві умови [8].

2.2. Циркуляційні процеси

Одним із великомасштабних чинників утворення туману є загальна циркуляція атмосфери.

Однією зі складових загальної циркуляції атмосфери є циклональна та антициклональна діяльність, яка постійно виникає і зникає. Вона істотно впливає на міжширотний обмін повітряних мас.

Циркуляційні процеси України суттєво різняться в окремі сезони року, що накладає відбиток на розподіл атмосферного тиску, режиму хмарності і опадів, вітру та ін [3].

На території України виділяють три характерні особливості циркуляції:

- послаблення активності атмосферних процесів;
- різноманітність і складність сезонних змін циркуляції;
- послаблення циклонічної діяльності і посилення антициклонічної.

Кліматоутворювальна роль циркуляційного фактора помітно переважає в холодне півріччя. Взимку на Україні, особливо в більш високих широтах, дуже розвинута циклонічна діяльність і її територія знаходиться на південній периферії циклонів, що пересуваються, головним чином, зі східною складовою. Саме в цей сезон більшість циклонів перетинають територію України, що визначає інтенсивний міжширотний обмін повітря. Звичайно, це західні, північно-західні і південно-західні циклони. Останні приходять з районів Чорного моря, Малої Азії, півночі Італії, так звані “південні” циклони, які пов'язані з середземноморською гілкою полярного фронту, інші з центральних районів Європи [5].

Весняний сезон характеризується підвищенням ролі радіаційного фактора і посиленням впливу підстильної поверхні. Завдяки зменшенню температурних контрастів між морем і суходолом послаблюються процеси адвекції. У зв'язку з поступовим прогріванням Євразійського материка

відбувається руйнування східного Азіатського (Сибірського) антициклону, а над Атлантикою розвивається Азорський антициклон [3].

Виступ Азорського антициклону і окремі його ядра поступово поширюються на Європейський континент. Над Україною вони представлені у вигляді виступів, орієнтованих із заходу на схід. Це часто зумовлює теплу сонячну погоду без опадів. Повторюваність північно-західних циклонів весною зменшується, південні і південно-західні циклони виходять на західні райони України.

Влітку на Україні спостерігається висока інтенсивність сонячної радіації, зменшення баричних градієнтів і послаблення адвекції. Розвивається Азорський максимум, виступ якого поширюється далеко на схід. Антициклони його походження через Британські острови і Біскайську затоку виходять на Європейський континент і йдуть далі, через Україну, на схід і південний схід.

В осінній сезон Азорський кліматичний антициклон значно слабшає. Замість нього в жовтні-листопаді починається розвиток Сибірського антициклону, в систему якого також входять антициклони, що переміщуються з заходу. Одночасно в другу половину осені, внаслідок збільшення контрасту температури між суходолом і морем, спостерігається посилення циклонічної діяльності. Зростає повторюваність південних і західних циклонів, які приносять на Україну вологе повітря з Атлантики і Середземного моря і зумовлюють на більшій частині території України похмуру з дощами погоду і утворення туманів [3].

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ І ПОШИРЕННЯ ТУМАНІВ У КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1. Періодичність утворення туманів на метеостанціях

В основу дослідження туманів на території Київської області покладено метеорологічну інформацію, яка була отримана за строковими спостереженнями за холодний (листопад-березень) й теплий (квітень-жовтень) періоди на обраних АМСЦ: Київ, Бориспіль, Біла Церква. Була досліджена повторюваність туманів по роках з 2011 по 2020 рр.

У таблиці 3.1 наведена загальна повторюваність туманів за період 2011- 2020 рр на обраних метеостанціях. Дана таблиця показує, що в холодний період спостерігалася більша кількість туманів, ніж в теплий – 702 випадка (в середньому 70). На теплий період року припадає 202 випадка з туманом (в середньому 20). Найбільше туманів в холодний період спостерігалось в 2018 році (106), а в теплий в 2012 році (39).

За весь період 2011-2020 було 904 випадка з туманом (в середньому припадає 90 на рік). Найбільша кількість туманів за рік була в 2018 році – 126 випадків.

З таблиці 3.1 видно, що найбільша ймовірність виникнення туманів у січні місяці (17,6%).

Також в грудні і листопаді спостерігалася висока ймовірність виникнення туманів (17,1% та 16,5% відповідно). Менше туманів виникало в жовтні (11,1%) і в березні (9,9%). Мінімум - в літні місяці (від 1,8% у липні і до 0,9% у червні).

Таблиця 3.1 – Загальна повторюваність туманів за період 2011-2020 рр. у Київській області.

Рік/Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Холодний пер.	Теплий пер.	Рік
2011	26	1	3	0	1	1	5	3	2	0	6	5	41	12	53
2012	12	4	2	3	0	6	0	1	5	24	25	13	56	39	95
2013	23	22	11	1 1	0	0	0	0	6	16	8	16	80	33	113
2014	15	20	13	2	0	5	3	1	0	0	21	34	103	11	114
2015	26	8	1	0	0	0	0	0	4	8	17	11	63	12	75
2016	6	8	3	2	4	1	2	4	0	10	12	5	34	23	57
2017	15	5	12	1	0	0	0	0	0	10	14	18	64	11	75
2018	19	16	22	0	1	0	6	1	0	12	27	22	106	20	126
2019	18	26	0	1	0	0	1	0	3	21	24	19	87	26	113
2020	16	1	12	0	3	0	1	0	1	10	11	28	68	15	83
Сума	176	111	79	20	9	13	18	10	21	111	165	171	702	202	904
Середн.	17,6	11,1	7,9	2,2	0,9	1,3	1,8	1,1	2,1	11,1	16,5	17,1	70,2	20,2	90,4
Імовірність (%)	19,5	12,3	8,7	2,2	1,0	1,4	2,0	1,1	2,3	12,3	18,3	18,9	77,7	22,3	100,0

Аналізуючи цю таблицю можна сказати, що тумани в основному спостерігалися протягом холодного періоду року - 77,7% від усіх туманів за рік, що зумовлено охолодженням теплого повітря, що надходить з Атлантичного океану та Чорного моря. На теплий період року припадає 22,3% від усіх туманів.

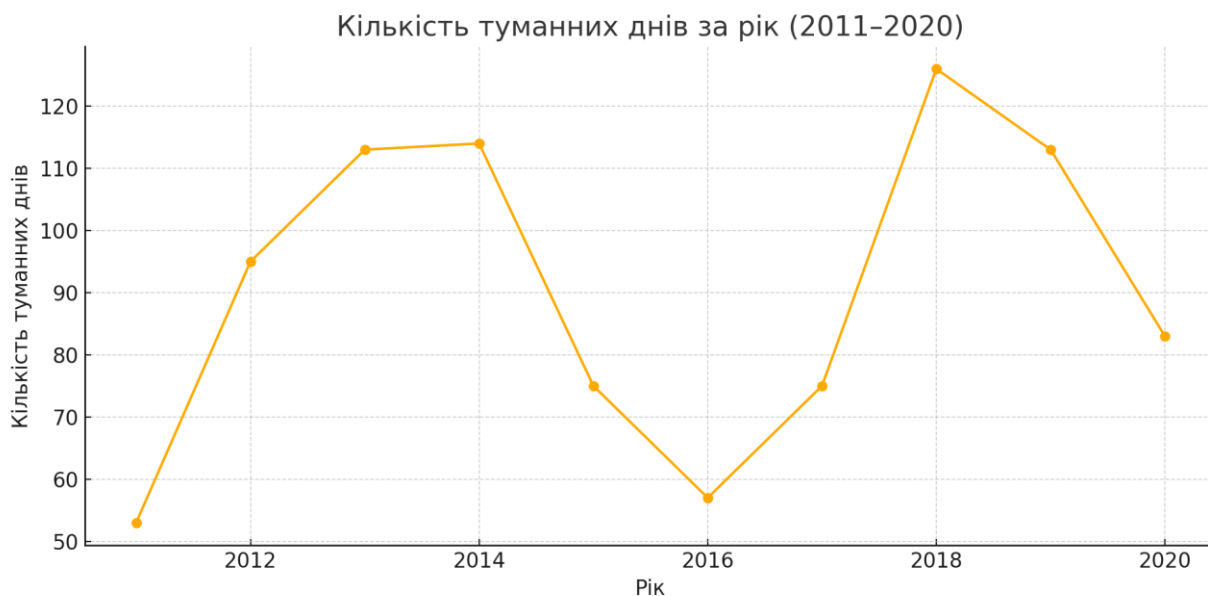


Рис. 3.1. Графік повторюваності туманів за рік за період 2011-2020 рр. у Київській області

Тепер проаналізуємо періодичність туманоутворення по окремих метеостанціях:

Упродовж 2011–2020 років у Білій Церкві зафіксовано найбільшу кількість днів з туманами — 344 (табл. 3.4). Значна частина туманів припадає на осінньо-зимовий період, коли атмосферні умови найсприятливіші для їхнього утворення. Відносно висока повторюваність туманів у Білій Церкві може бути пов'язана з орографічними особливостями місцевості, наявністю річок та улоговин, які затримують холодне повітря та сприяють накопиченню вологи поблизу земної поверхні.

У Києві зафіксовано 328 туманних днів, що є також високим показником (табл. 3.2). Велике місто формує міський тепловий острів, який, з одного боку, сприяє утворенню локальних туманів за рахунок викидів водяної пари, а з іншого — іноді перешкоджає туманам через підвищення нічної температури. Крім того, забудова знижує швидкість вітру, що дозволяє туманам довше зберігатися. У зимово-весняний період у Києві за антициклону під шаром інверсії, слабкому вітрі й високій вологості формується густий смог чи туман [6].

Найменше туманних днів зафіксовано саме у Борисполі — 232 випадки (табл. 3.3). Це пов'язано з більш відкритим простором аеропорту, де краще здійснюється вітроперенос, що швидше розсіює тумани. Також метеостанція розміщена в умовах, які менше сприяють скупченню вологи поблизу поверхні. Таблиця містить переважно короткочасні тумани, які здебільшого припадають на осінньо-зимовий період.

Таблиця 3.2 – Загальна повторюваність туманів за період 2011-2020 рр. у Києві.

Рік/Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII	Холодний пер.	Теплий пер.	Рік
2011	13	0	1	0	0	0	3	1	0	0	2	4	20	4	24
2012	5	1	1	2	0	2	0	1	2	7	11	5	23	14	37
2013	8	9	5	5	0	0	0	0	5	4	2	6	30	14	44
2014	7	7	5	1	0	2	1	0	0	0	6	11	36	4	40
2015	10	4	1	0	0	0	0	0	1	4	6	6	27	5	32
2016	1	2	1	0	1	0	0	1	0	3	4	2	10	5	15
2017	6	3	5	0	0	0	0	0	0	2	9	9	32	2	34
2018	7	5	7	0	0	0	1	0	0	4	11	7	37	5	42
2019	5	9	0	0	0	0	0	0	1	7	8	5	27	8	35
2020	5	0	4	0	1	0	0	0	0	3	3	9	21	4	25
Сума	67	40	30	8	2	4	5	3	9	34	62	64	263	65	328
Середн.	6,7	4	3	0,8	0,2	0,4	0,5	0,3	0,9	3,4	6,2	6,4	26,3	6,5	32,8
Імовірність (%)	20,4	12,2	9,1	2,4	0,6	1,2	1,5	0,9	2,7	10,4	18,9	19,5	80,2	19,8	100,0

28

Таблиця 3.3 – Загальна повторюваність туманів за період 2011-2020 рр. у Борисполі.

Рік/Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII	Холодний пер.	Теплий пер.	Рік
2011	6	1	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	9	3	12
2012	5	1	1	1	0	2	0	0	2	8	6	3	16	13	29
2013	5	6	2	1	0	0	0	0	1	5	3	5	21	7	28
2014	3	6	3	0	0	1	1	0	0	0	5	9	26	2	28
2015	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	12	0	12
2016	1	2	1	0	1	0	0	1	0	3	4	2	10	5	15
2017	4	1	4	0	0	0	0	0	0	2	2	4	15	2	17

2018	5	5	4	0	0	0	1	0	0	3	8	7	29	4	33
2019	7	9	0	0	0	0	0	0	1	7	8	4	28	8	36
2020	5	0	4	0	1	0	0	0	0	3	3	6	18	4	22
Сума	48	32	19	2	3	3	3	2	4	31	45	40	184	48	232
Середн.	4,8	3,2	1,9	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	3,1	4,5	4	18,4	4,8	23,2
Імовірність (%)	20,7	13,8	8,2	0,9	1,3	1,3	1,3	0,9	1,7	13,4	19,4	17,2	79,3	20,7	100,0

29

Таблиця 3.4 – Загальна повторюваність туманів за період 2011-2020 рр. у Білій Церкві.

Рік/Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII	Холодний пер.	Теплий пер.	Рік
2011	7	0	2	0	0	1	1	1	2	0	2	1	12	5	17
2012	2	2	0	0	0	2	0	0	1	9	8	5	17	12	29
2013	10	7	4	5	0	0	0	0	0	7	3	5	29	12	41
2014	5	7	5	1	0	2	1	1	0	0	10	14	41	5	46
2015	9	3	0	0	0	0	0	0	3	4	7	5	24	7	31
2016	4	4	1	2	2	1	2	2	0	4	4	1	14	13	27
2017	5	1	3	1	0	0	0	0	0	6	3	5	17	7	24
2018	7	6	11	0	1	0	4	1	0	5	8	8	40	11	51
2019	6	8	0	1	0	0	1	0	1	7	8	10	32	10	42
2020	6	1	4	0	1	0	1	0	1	4	5	13	29	7	36
Сума	61	39	30	10	4	6	10	5	8	46	58	67	255	89	344
Середн.	6,1	3,9	3	1	0,4	0,6	1	0,5	0,8	4,6	5,8	6,7	25,5	8,9	34,4
Імовірність (%)	17,7	11,3	8,7	2,9	1,2	1,7	2,9	1,5	2,3	13,4	16,9	19,5	74,1	25,9	100,0

30

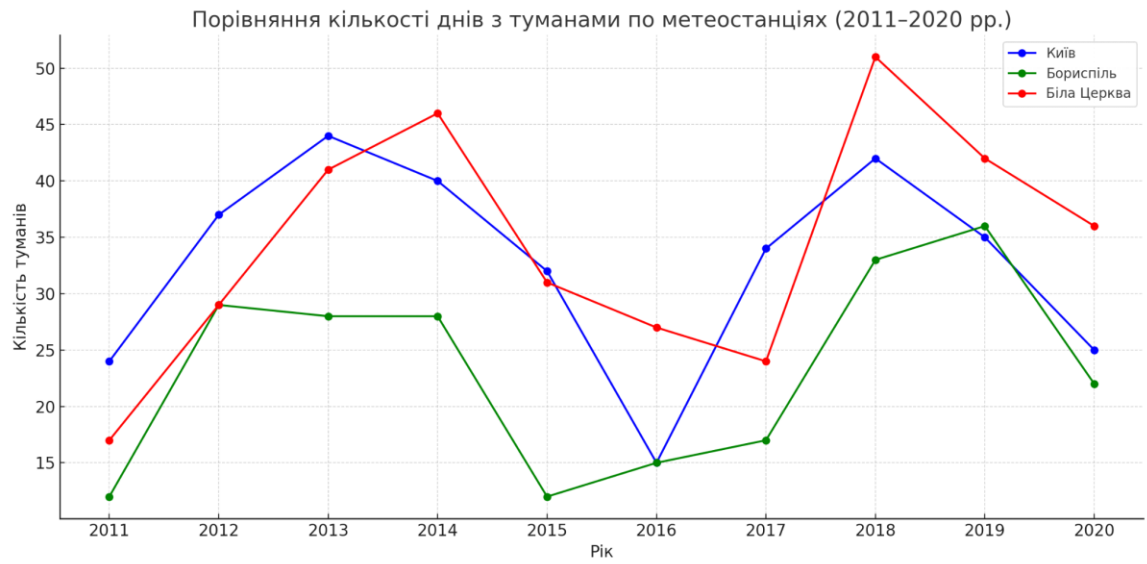


Рис. 3.2. Графік повторюваності туманів за рік за період 2011-2020 рр. по метеостанціях.

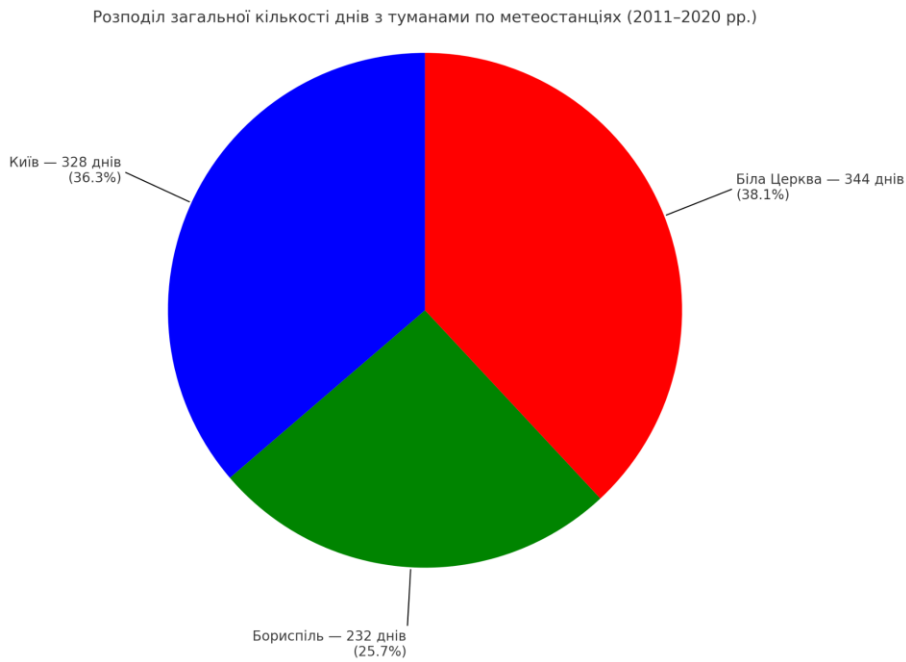


Рис. 3.3. Діаграма розподілу загальної кількості випадків туману по метеостанціях.

Причини різниці у кількості туманів у різних частинах Київської області

- Рельєф і місцевість: У Білій Церкві, на відміну від відкритого аеропортового простору Борисполя, можливе утворення локальних застійних зон з холодним вологим повітрям, що сприяє тривалішим і частішим туманам.
- Гідрографічна сітка: Біла Церква розташована поблизу річки Рось, що може додатково зволожувати приземний шар повітря.
- Міські особливості: Київ має значне антропогенне навантаження і мікроклімат, який може як сприяти утворенню туманів.
- Вітровий режим: Вітер впливає на можливість утворення туманів. При щільній забудові його дія слабшає, що може створювати сприятливі умови для туманоутворення.

3.2. Метеоумови, що супроводжують туманоутворення у Київській області.

Найчастіше тумани у Київській області виникали при швидкості вітру в основному в межах від 1 м/с до 3 м/с (рис 3.4). Така швидкість вітру є типовою під час туманів адвекційного та радіаційного типів.

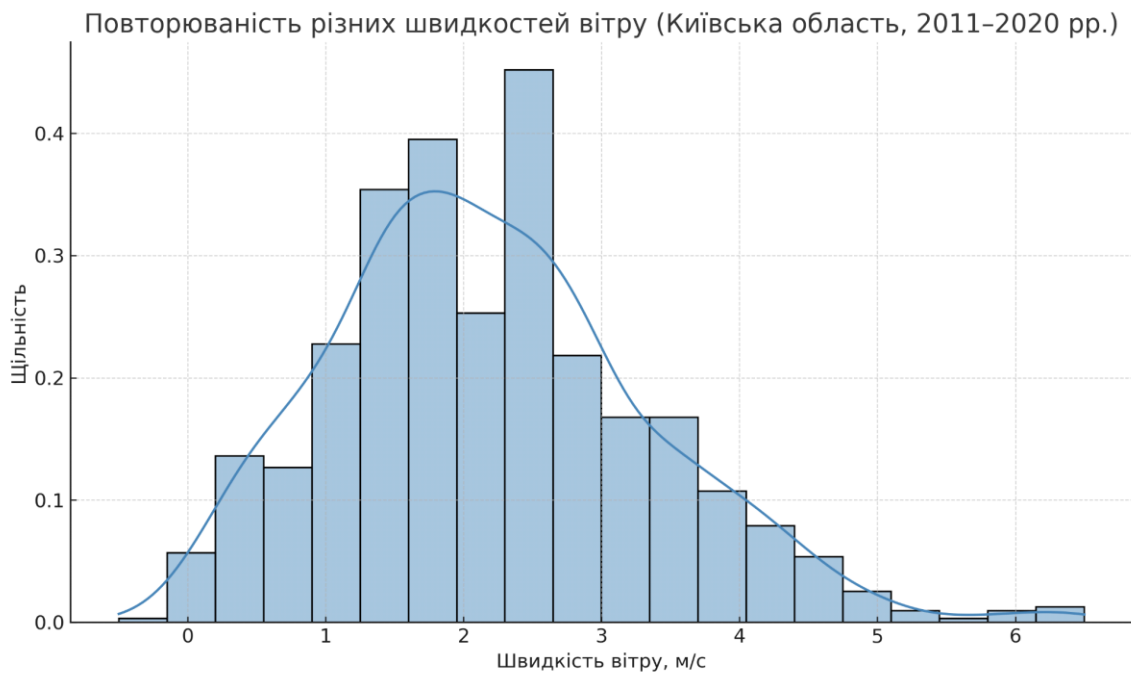


Рис 3.4. Повторюваність різних швидкостей вітру у Київській області (2011-2020 рр.).



Рис

3.5. Повторюваність різних значень атмосферного тиску у Київській області (2011-2020 рр).

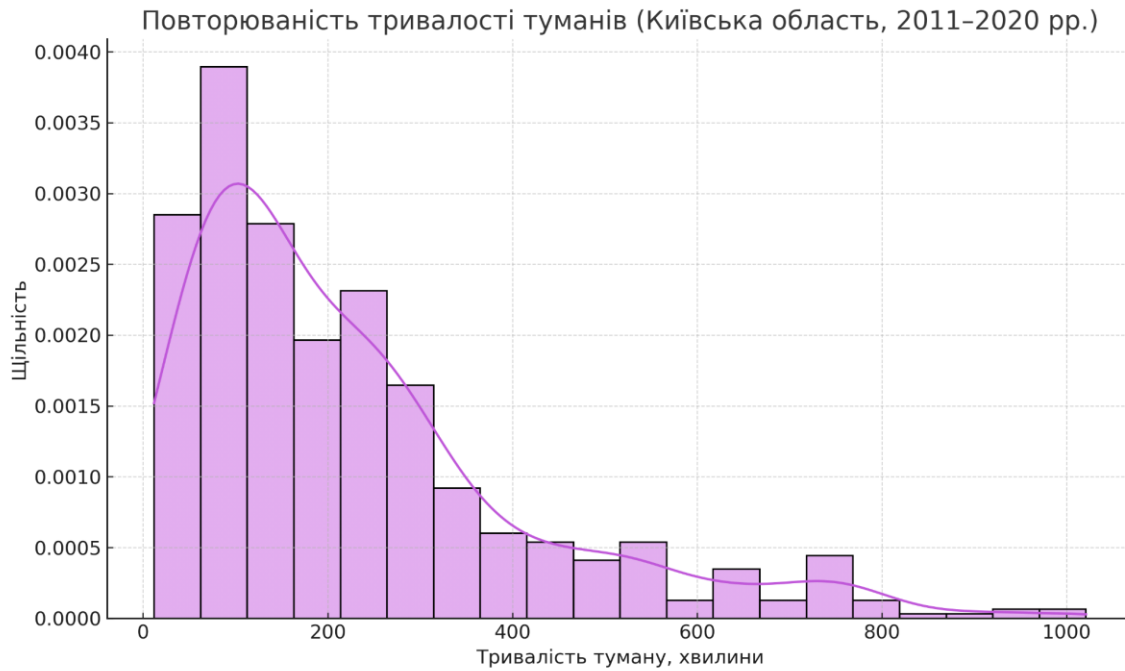
Тиск під час туманних днів в основному був підвищений. Тумани часто утворюються при підвищеному атмосферному тиску, оскільки такі умови характерні для антициклонів, які створюють стабільну, малохмарну й безвітряну погоду. Відсутність вертикального перемішування та нічне радіаційне охолодження поверхні призводять до зниження температури повітря до точки роси, що сприяє конденсації водяної пари й утворенню туману. Підвищений тиск також перешкоджає проникненню фронтальних систем, завдяки чому туманні умови можуть зберігатися тривалий час (рис. 3.5).



Рис. 3.6. Повторюваність різних значень середньо добової відносної вологості у Київській області (1991-2020 рр).

Найвища повторюваність середньодобової відносної вологості повітря спостерігається у діапазоні від 95% до 100%, де зосереджена більшість значень, з максимумом біля 98%. Менш характерними є значення нижче 90%, які трапляються рідко (рис. 3.6).

Такий розподіл зумовлений тим, що туман виникає лише за умов насичення повітря водяною парою, тобто коли температура повітря опускається до точки роси. Відносна вологість при цьому наближається до 100%, адже це фізична межа, за якої надлишкова волога починає конденсуватися у вигляді крапель туману. Тому переважання високих значень вологості на графіку є цілком природним явищем і свідчить про оптимальні умови для туманоутворення.



Найбільша частка туманів має тривалість до 180 хвилин (тобто до 3 годин), з помітним максимумом у межах 60–120 хвилин. Із зростанням тривалості кількість таких випадків поступово зменшується — тумани, що тривають понад 6 годин (≈ 360 хвилин), трапляються значно рідше (рис 3. 7). Такий розподіл свідчить про переважання ранкових туманів радіаційного типу, які формуються вночі й розсіюються після сходу сонця під впливом прогрівання земної поверхні. Натомість тривалі й стійкі тумани, що можуть триматися до вечора, характерні переважно для зимового періоду при антициклональних умовах і спостерігаються значно рідше[9]. Загалом, така форма розподілу є типовою для регіонів із помірним кліматом.

ВИСНОВКИ

- Поставлені в роботі задачі виконано. Розглянуто загальні властивості туману як атмосферного явища, представлено класифікацію туманів.
- Охарактеризовано умови туманоутворення в різних регіонах Земної кулі, насамперед на території Київської області. Зокрема, було встановлено, що на території Київської області:
 - більшість туманних днів (77,7%) припадає на холодний період року;
 - найбільша ймовірність утворення туману у січні;
 - під час туманних днів спостерігався підвищений атмосферний тиск;
 - швидкість вітру в основному була в межах від 1 м/с до 3 м/с.
- Розглянуто особливості поширення туманів на території Київської області, було з'ясовано, що за весь період 2011-2020 було 904 випадків з туманом (в середньому припадає 90 на рік). Найбільша кількість туманів за рік була в 2018 році – 126 випадків, а найменша - у 2011 році (53).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бунеску М. В., Затула В. І. Туман та пов'язані з ним метеорологічні умови в районі аеродрому Київ/Антонов-2. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 3 (69). С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.3.6>
2. Волошина Ж. В., Волошина О. В. Фізика атмосфери (задачі і вправи) : навч. посіб. – Київ : КНТ, 2005. – 254 с.
3. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Клімат України та прикладні аспекти його використання : навч. посіб. – Одеса : ОДЕКУ, 2012. – 180 с.
4. Все про тумани – класифікація та причини виникнення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.meteopro.com/ua/news/598896-vse-pro-tumani-klasifikaciya-ta-pricini-viniknennya.html> (дата звернення: 25.05.2025).
5. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Колісник П.І., Михайленко М.М. Імовірність переходу низьких хмар у туман і туману в низькі хмари в районі Києва. Вісник Київ. університету, серія Географія. 1970. Вип. 11. С. 37-44.
7. Сніжко С. І., Паламарчук Л. В., Затула В. І. Метеорологія : підручник. – Київ : Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2010. – 562 с.

8. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.) / за ред. В. М. Липінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченка. – Київ : Ніка-Центр, 2006. – 312 с.
9. Туман [Електронний ресурс] // Київський університет імені Бориса Грінченка. – Режим доступу: <http://wiki.kubg.edu.ua/Туман> (дата звернення: 25.05.2025).
10. Туман – Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Туман> (дата звернення: 25.05.2025).
11. Тумани, їх типи та причини утворення. Серпанок та імла [Електронний ресурс] // ecolog-ua.com. – Режим доступу: <https://ecolog-ua.com/news/tumany-yih-typu-ta-prychyny-utvorennya-serpanok-ta-imla> (дата звернення: 25.05.2025).
12. Тумани, їх типи та причини утворення. Серпанок та імла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geograf.com.ua/meteorology/843-tumani-jikh-tipi-ta-prichini-utvorennya-serpanok-ta-imla> (дата звернення: 25.05.2025).
13. Умови утворення туманів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/1905251/page:46/> (дата звернення: 25.05.2025).
14. Bergot T., Koracin D. Observation, Simulation and Predictability of Fog: Review and Perspectives // *Atmosphere*. – 2021. – Vol. 12, No. 2. – P. 235. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/2/235> (дата звернення: 25.05.2025).
15. Fog [Електронний ресурс] // Glossary of Meteorology – American Meteorological Society. – Режим доступу: <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Fog> (дата звернення: 25.05.2025).

16. Fog [Электронный ресурс] // MetLink – Royal Meteorological Society. – Режим доступа: <https://www.metlink.org/fieldwork-resource/fog/> (дата звернения: 25.05.2025).
17. Fog [Электронный ресурс] // National Geographic Education. – Режим доступа: <https://education.nationalgeographic.org/resource/fog/> (дата звернения: 25.05.2025).
18. Fog: Definition, Formation, Types, & Facts [Электронный ресурс] // Britannica. – Режим доступа: <https://www.britannica.com/science/fog> (дата звернения: 25.05.2025).
19. Fog: SKYbrary Aviation Safety [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skybrary.aero/articles/fog> (дата звернения: 25.05.2025).
20. Gandhi A., Latifovic R., Poulin J. An Observational Case Study of a Radiation Fog Event // Pure and Applied Geophysics. – 2024. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-024-03498-w> (дата звернения: 25.05.2025).
21. Gultepe İ., Tardif R., Michaelides S., Cermak J., Bott A., Bendix J., Müller M., Pagowski M., Joe P., Busch W., Schwitalla T. Fog Research: A Review of Past Achievements and Future Perspectives // Pure and Applied Geophysics. – 2007. – Vol. 164. – P. 1121–1159. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-007-0211-x> (дата звернения: 25.05.2025).
22. Kaushal S., Singh D. K., Sreenivas K. R. Micro-convective dynamics in fog formation during radiation cooling // arXiv preprint. – 2022. – arXiv:2205.11923. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2205.11923> (дата звернения: 25.05.2025).

23. Kaushal S., Singh D. K., Sreenivas K. R. Penetrative convection in nocturnal atmospheric boundary layer and radiation fog // arXiv preprint. – 2022. – arXiv:2205.11922. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2205.11922> (дата звернення: 25.05.2025).

24. Mazoyer M., Burnet F., Denjean C., et al. Experimental study of the aerosol impact on fog microphysics // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2019. – Vol. 19. – P. 4323–4344. – Режим доступу: <https://acp.copernicus.org/articles/19/4323/2019/> (дата звернення: 25.05.2025).

25. Milinevsky G., Danylevsky V. Atmospheric aerosol over Ukraine region: Current status of knowledge and research efforts // Frontiers in Environmental Science. – 2018. – Vol. 6. – Article 59. – Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2018.00059/full> (дата звернення: 25.05.2025).

26. Pauli E., Seiz G., Kamm O. A satellite-based climatology of fog and low stratus in central Europe // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 2023. – Vol. 149, No. 757. – Режим доступу: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.4714> (дата звернення: 25.05.2025).

27. Pauli E., Seiz G., Kamm O. An analysis of fog and low stratus life-cycle regimes over central Europe // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 2023. – Vol. 149, No. 757. – Режим доступу: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.4714> (дата звернення: 28.05.2025).

28. Schwenkel J., Maronga B. Microphysics of fog bursting in polluted urban air // Atmospheric Research. – 2020. – Vol. 236. – Article 104819. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104819> (дата звернення: 25.05.2025).

29. Schwenkel J., Maronga B. Towards a Better Representation of Fog Microphysics in Large-Eddy Simulations Based on an Embedded Lagrangian Cloud Model // Atmosphere. – 2020. – Vol. 11, No. 5. – Article 466. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2073-4433/11/5/466> (дата звернення: 25.05.2025).

30. Swinbank W. C. Note on the formation of fog over a snow surface // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 1948. – Vol. 74, No. 321–322. – P. 406–407. – Режим доступа: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49707432123> (дата звернення: 26.05.2025).

31. These 6 Types of Fog Could Ground Your Next Flight [Електронний ресурс] // Boldmethod. – Режим доступа: <https://www.boldmethod.com/blog/lists/2022/03/these-six-types-of-fog-that-could-ruin-your-next-flight/> (дата звернення: 25.05.2025).

32. Vautard R., van Oldenborgh G. J., Yiou P., de Lavergne J., Ribes A., Cattiaux J., Mezzavilla L. Decline of fog, mist and haze in Europe over the past 30 years // Nature Geoscience. – 2009. – Vol. 2. – P. 115–119. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/248828332_Decline_of_fog_mist_and_haze_in_Europe_over_the_past_30years (дата звернення: 25.05.2025).