

Шифр: «Ужгород у тумані»

**НАУКОВА РОБОТА**

на тему: «Туманоутворення на ст. Ужгород»

## АНОТАЦІЯ

**Тема:** «Туманоутворення на АМСЦ Ужгород»

**Шифр:** Ужгород у тумані

**Актуальність** визначається необхідністю виявлення сучасного режиму, метеорологічних та синоптичних умов виникнення туману АМСЦ Ужгороду, який може значно ускладнювати виконання польотів та, у випадку значного погіршення видимості, припинити роботу міжнародного аеродрому Ужгород.

**Мета дослідження** – дослідження режиму та умов утворення туману на АМСЦ Ужгород в період з 2011 по 2019 рр.

**Об'єкт дослідження** – туман.

**Предмет дослідження** – повторюваність туману, температурно-вітровий режим туманоутворення, аналіз синоптичних процесів погіршення видимості.

**Методи дослідження** – узагальнення метеорологічної інформації, синоптичний аналіз.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати сприятимуть покращенню прогнозування туману у регіоні зі складною орографією.

Наукова робота в обсязі 30 сторінки складається з 2 розділів, висновків, переліку посилань з 15 джерел, містить 10 рисунків, 6 таблиць.

**Ключові слова:** туман, сильний туман, атмосферний фронт, синоптична ситуація.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Формування туманів над Україною.....	5
1.1 Загальні відомості про умови утворення туману.....	5
1.2 Розподіл туманів над Україною .....	8
1.3 Тривалість туманів.....	13
1.4 Визначення дальності видимості на мережі метеорологічні станції та на аеродромах для забезпечення авіації.....	14
2. Характеристика туманоутворення на АМСЦ Ужгород .....	17
2.1 Кліматичний опис Ужгорода.....	17
2.2 Повторюваність туманів на АМСЦ Ужгород 2011 – 2019 рр.....	18
2.3 Розподіл вітру та температури при туманах на АМСЦ Ужгород за 2011 – 2019 р.....	22
2.4 Сильний туман з дальністю видимості 100 м та менше.....	22
2.5 Характеристика баричного поля, що сприяє виникненню туманів..	24
2.6 Аналіз метеорологічних та синоптичних умов формування туману в Закарпатті за 04 листопада 2020 р. ....	26
Висновки.....	29
Перелік посилань.....	30

## ВСТУП

Туман – це скупчення завислих у приземному шарі атмосфери крапель води або кристалів льоду, яке погіршує горизонтальну видимість на відстані до 1 км. Тумани належать до числа найбільш небезпечних явищ погоди. Раптовість їхнього виникнення і значна тривалість є серйозною перешкодою для роботи транспорту взагалі, а надто авіації: затримуються і відміняються авіарейси, ускладнюється функціонування залізничного, річково-морського транспорту, зупиняється рух на автострадах.

Актуальність обраної тематики обумовлена тим, що туман (обмежена видимість) являється одним із основних метеорологічних факторів, які ускладнюють діяльність авіації. При туманах польоти іноді виконувати неможливо. Зліт та посадку повітряних суден важко виконувати при обмеженій видимості. Тумани можуть призвести до закриття аеродрому, повернення літака з маршрутів, а також до авіаційної катастрофи. Незважаючи на широке використання посадкових систем, посадка літака наосліп є доволі складною операцією. Безпечний зліт і, особливо, посадка можливі лише при певних високих значеннях видимості.

Тумани спостерігаються повсюди, однак вірогідність попадання в туман в польоті суттєво залежить від широти місцевості, особливостей орографії, сезону року і характеру атмосферних процесів. Найбільшу небезпеку для авіації представляють адвективні тумани, як найбільш тривалі за часом, що мають найбільшу вертикальну потужність і здатні виникнути в будь-який час доби.

Для підтримання високого рівня метеорологічного забезпечення авіації, що відповідає міжнародним стандартам, необхідно не тільки проводити науково-прикладні дослідження з авіаційної кліматології, постійно удосконалювати діючі методи авіаційного прогнозу, розробляти нові методи у відповідності із зростаючою технічною осначеністю оперативних підрозділів і зміною вимог до прогностичної продукції, але й готувати висококваліфікованих спеціалістів-метеорологів.

Метою даного курсового проекту є дослідження сучасного режиму туманів та умов, що сприяли виникненню туманів у Ужгороді з 2010 по 2019 рр.

# 1 ФОРМУВАННЯ ТУМАНІВ НАД УКРАЇНОЮ

## 1.1 Загальні відомості про умови утворення туману

Повітря часто буває змутнілим внаслідок наявності в ньому різних домішок і дрібних продуктів конденсації. Домішки розсіюють світло яке проходить і призводять до погіршення видимості. Якщо помутніння повітря невелике (дальність видимості 1-10 км), воно називається серпанком.

Помутніння викликають мікроскопічні частинки — краплі (або кристали) і порошинки. Помутніння на високих рівнях надає небу білувате забарвлення. Зазвичай серпанок спостерігається біля земної поверхні. Звідси він поширюється на більш або менш значну висоту вгору. Серпанок послаблює фарби ландшафту і зменшує дальність видимості, тобто відстань, на якому відрізнити обриси предметів.

Якщо діаметр розсіюючих частинок менше довжини світлових хвиль (радіус — десяті частки мікрометра), то серпанок забарвлює віддалені предмети в синій колір, якби огортає їх блакитною вуаллю. Білим або тим які світяться віддаленим предметам (диск сонця, хмари, снігові гори) вона надає жовтувате забарвлення. Таке помутніння називається опалесцюючим. При більш значних розмірах розсіюючих частинок серпанок приймає білястий або сіруватий відтінок.

При більш великих продуктах конденсації і при більшій їх концентрації біля земної поверхні дальність видимості може стати менше 1 км. В таких випадках говорять вже не про серпанок, а про туман.

Туман — атмосферне явище, що полягає в скупченні продуктів конденсації, завислих в повітрі безпосередньо над земною поверхнею. Виникає внаслідок охолодження повітря від земної поверхні чи випаровування з теплої води.

При позитивних температурах туман складається з крапель. При не дуже низьких негативних температурах він також складається з переохолоджених крапель. Тільки при температурах близько  $-10^{\circ}\text{C}$  і нижче в тумані разом з краплями з'являються кристали, і він стає змішаним. При дуже низьких температурах туман може бути цілком кристалічним; однак спостерігалися випадки крапельно-рідкого туману навіть при температурах нижче  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Залежно від дальності видимості розрізняють такі види туманів і серпанку (за інтенсивністю):

- сильний туман < 100 м;
- помірний туман 100 – 400 м;
- слабкий туман 500 – 900 м;
- сильний серпанок 1 – 2 км;
- помірний серпанок 2 – 4 км;
- слабкий серпанок 4 – 9 км.

Тумани в населених пунктах бувають частіше, ніж удалині від них. Цьому сприяє підвищений вміст гігроскопічних ядер конденсації (пилу, сажі тощо) у міському повітрі. Тумани перешкоджають нормальній роботі всіх видів транспорту, тому прогноз туманів має велике народногосподарське значення.

Штучне створення туманів використовується при наукових дослідженнях, у хімічній промисловості, теплотехніці й інших областях.

За способом утворення тумани поділяються на два види:

- тумани охолодження — утворюються через конденсацію водяної пари при охолодженні повітря нижче точки роси;
- тумани випаровування — є випарами з теплішої поверхні, що випаровує, у холодне повітря над водоймами й вологими ділянками суші.

Крім того тумани розрізняють за синоптичними умовами утворення:

- внутрішньомасові — що формуються в однорідних повітряних масах.
- фронтальні — що утворюються на границях атмосферних фронтів.

Внутрішньомасові тумани переважають у природі, як правило вони є туманами охолодження. Їх так само прийнято розділяти на кілька типів:

Радіаційні тумани — тумани, що з'являються в результаті радіаційного охолодження земної поверхні й маси вологого приземного повітря до точки роси. Звичайно радіаційний туман виникає вночі в умовах антициклону при безхмарній погоді й легкому бризі. Часто радіаційний туман виникає в умовах температурної інверсії, що перешкоджає підйому повітряної маси. Після сходу сонця радіаційні тумани звичайно швидко розсіюються. Однак у холодну пору року в стійких антициклонах вони можуть зберігатися й удень, іноді багато діб поспіль. У промислових районах може виникнути крайня форма радіаційного туману — смог.

Адвективні тумани — утворюються внаслідок охолодження теплого вологого повітря при його русі над холоднішою поверхнею суші або води. Їхня інтенсивність залежить від різниці температур між повітрям і поверхнею, що підстилає, і від вологовмісту повітря. Ці тумани можуть розвиватися як над морем, так і над сушею

й охоплювати величезні простори, в окремих випадках до сотень тисяч км<sup>2</sup>. Адвективні тумани звичайно бувають при похмурій погоді й найчастіше в теплих секторах циклонів. Адвективні тумани стійкіші, ніж радіаційні, і часто не розсіюються вдень.

Морський туман — адвективний туман, що виник над морем у ході переносу холодного повітря на теплу воду. Цей туман є туманом випаровування. Тумани такого типу часті, наприклад, в Арктиці, коли повітря попадає з льодового покриву на відкриту поверхню моря.

Фронтальні тумани утворюються поблизу атмосферних фронтів і переміщуються разом з ними. Насичення повітря водяною парою відбувається внаслідок випару опадів, що випадають у зоні фронту. Деяку роль у посиленні туманів перед фронтами грає падіння атмосферного тиску, що спостерігається тут і створює невелике адіабатичне зниження температури повітря. До туманів також відносяться так називані сухі тумани (помоха, імла), у цих туманах частками є не вода, а дим, кіптява, пил і так далі.

Найчастішою причиною сухих туманів є дим лісових, торф'яних або степових пожеж, степовий лесовий або піщаний пил, що піднімають і стерпні вітром іноді на значні відстані, а також викиди промислових підприємств.

Нерідкий й перехідний щабель між сухими й вологими туманами — такі тумани складаються з водяних часток разом з досить більшими масами пилу, диму й кіптяви. Це — так звані брудні, міські тумани, що є наслідком присутності в повітрі великих міст маси твердих часток, що викидають при топленні димовими, а ще більшою мірою — фабричними трубами.

Показник водність туману використовується для характеристики туманів, він позначає загальну масу водяних крапельок в одиниці об'єму туману. Водність туманів звичайно не перевищує 0,05-0,1 г/м<sup>3</sup>, але в окремих щільних туманах може досягати 1-1,5 г/м<sup>3</sup>. Відносна вологість повітря при туманах зазвичай близька до 100 % (принаймні, перевищує 85-90 %).

Крім водності на прозорість туману впливає розмір часток, що його утворюють. Радіус крапель туману звичайно коливається від 1 до 60 мкм. Більшість же крапель має радіус 5-15 мкм при позитивній температурі повітря й 2-5 мкм при негативній температурі.

При прогнозі всіх видів туману необхідно визначити наявність таких факторів їх утворення:

- а) синоптичні умови, напрямок і швидкість потоків біля поверхні землі;
- б) кількість хмарності, що очікується наступної ночі - ясно чи хмарно;
- в) характер стратифікації, наявність приземних або піднесених інверсій за даними радіозондування і прогностичною кривою стратифікації;
- г) наявність і знак адвекції температури;
- д) орографічні особливості пункту прогнозу;
- ж) стан підстильної поверхні, як джерела вологи.

## 1.2 Розподіл туманів над Україною

В Україні туман відмічається досить часто і повсюди. З року в рік їх повторюваність змінюється. Влітку спостерігаються переважно радіаційні тумани, які найгустіше о 4-6-й годині, розсіюються між 6-ю і 10-ю годинами, поновлюються о 18-20-й годині. Взимку частіше бувають адвективні, їх добовий хід більш вирівняний. В Українських Карпатах, Кримських горах, на Донецькій і Приазовській височинах середньорічне число днів з туманами становить 80-100.

Велика повторюваність туманів притаманна Передкарпатській, Волинській, Подільській, Придніпровській височинам, де протягом року фіксується 60-90 днів з туманом. Найменше туманів буває на Поліській, Придніпровській, Закарпатській, Причорноморській низовинах: від 30-50 до 60-80 днів щорічно.

Число днів з туманом в окремі роки може різко відхилитися від середнього значення. У переважній більшості випадків (50 - 70 %) відхилення від середнього значення становить 9 днів, а в 2 - 3% — понад 30 днів. На території України у середньому буває 240 днів за рік, коли спостерігається туман принаймні на одній станції.

Повторюваність туману має чіткий річний хід. На більшій частині території максимум туману (80 - 85 %) припадає на зимові місяці (грудень - січень), а в окремих районах — другий максимум у квітні-травні. У високогірних районах Українських Карпат найчастіше туман спостерігається у грудні - січні, на Донецькій і Приазовській височинах — листопаді - березні, Волинській, Подільській і Придніпровській височинах — листопаді-січні. Плавний річний хід туману відмічається у північних та західних районах, де частота його збільшується з жовтня



- листопада і досягає максимуму у грудні — січні. Влітку повторюваність туману мінімальна.

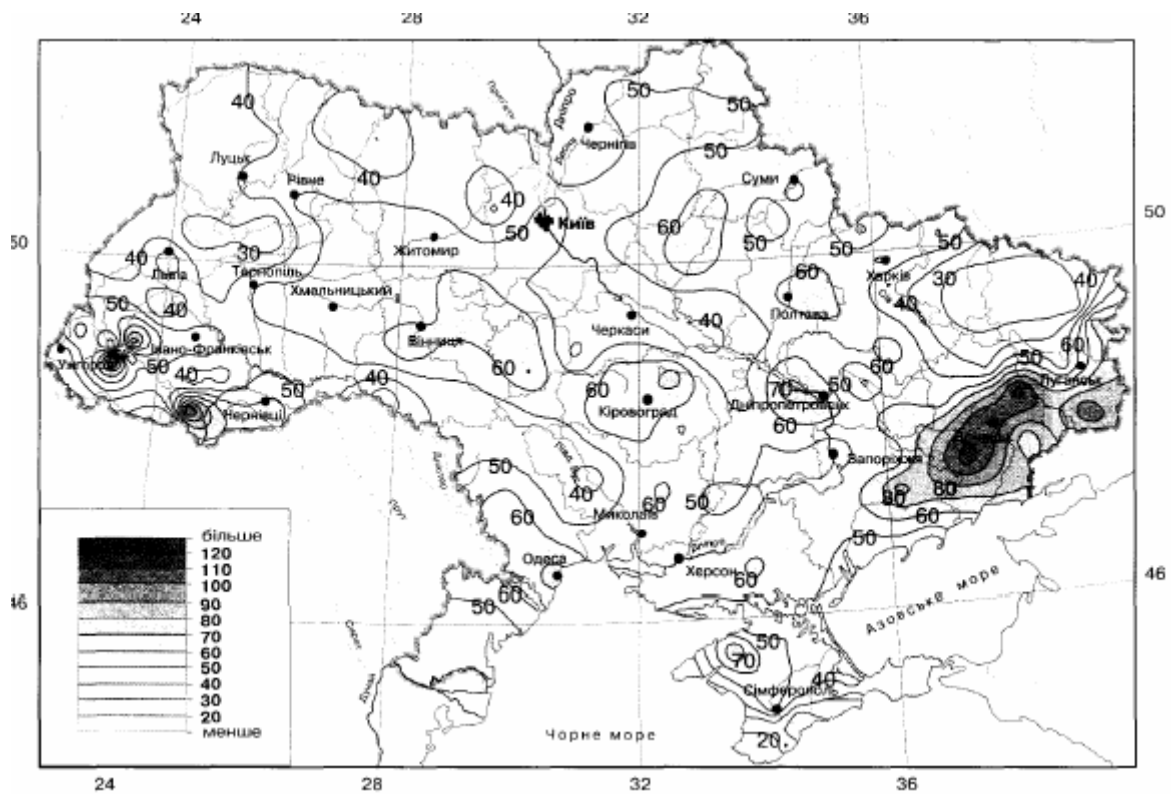


Рис. 1.1. Середнє число днів з туманами за рік [7].

Полісся, прибережні території великих водойм та підвітряні схили гір і височин мають аналогічний річний хід. На Південному березі Криму найчастіше туман буває у квітні - травні, листопаді - грудні, найрідше — у серпні, січні та лютому.

Існує залежність між числом днів з туманом та висотою місцевості. Вертикальний градієнт числа днів з туманом до висоти 500 м становить 30 днів на кожні 100 м висоти, до 1500 м – 10-15 днів, а вище – він істотно зменшується.

Число днів з туманом в окремі роки може різко відхилитися від середнього значення. У переважній більшості випадків (50-70%) відхилення від середнього значення становить 9 днів, а в 2-3% – понад 30 днів.

За 30-річний період спостережень (1961-1990 рр.) в Українських Карпатах (Плай) середнє число днів з туманом становить 237, найбільше (270) було зареєстровано у 1980 р., а найменше (189) – у 1969 р.

Туман утворюється у будь-яку годину доби, але найчастіше виникає у нічні та ранкові години, коли посилюється вплив радіаційного фактору (рис. 1.2).

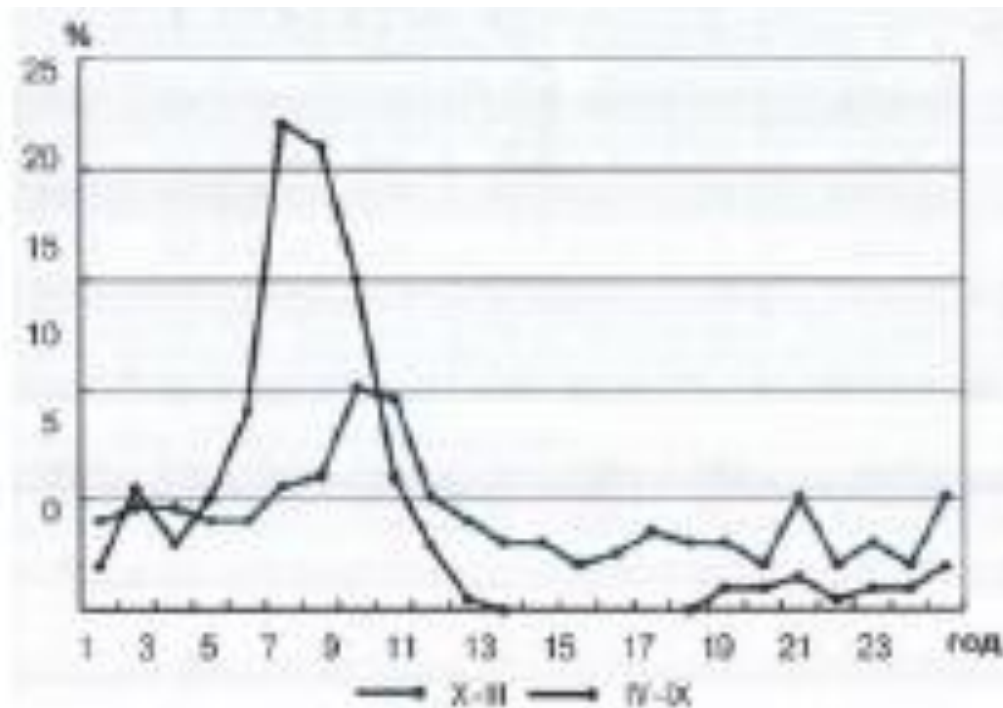


Рис. 1.2. Добовий хід повторюваності (%) туману Холодний (жовтень – березень) і теплий (квітень – вересень) періоди

На рівнині добовий хід туману чітко виражений у теплу пору року та більш згладжений зимою. Особливо це простежується за радіаційного туману. Туман виникає вночі, досягаючи найбільшої інтенсивності вранці під час зниження температури повітря до мінімальних значень й підвищення відносної вологості повітря до максимальних значень та розсіюється після сходу Сонця. Адвективний туман, характерний для холодного періоду року, може формуватися протягом доби у будь-яку годину, а тому має більш згладжений добовий хід. За наявності снігового покриву добовий хід туману виражений не чітко. Найбільша сумарна тривалість туману за рік відмічається у тих районах, де туман виникає найчастіше. У Кримських горах та Українських Карпатах середня тривалість туману становить 2000-3000 год, на височинах – 500-600, на рівнинах – 300-400 год. Менше 200 год тривалість туману буває на північному сході та Закарпатській низовині, а на Південному березі Криму – менше 70 год за рік.

Найтриваліші тумани спостерігаються в Українських Карпатах у листопаді - грудні (375-438 год), Криму у грудні - січні (281-300 год), на Придніпровській височині у листопаді - грудні (107-133 год), Придніпровській низовині у грудні - січні (97-93 год).

Кожний район має свої особливості (циркуляційні, орографічні, територіальні тощо) як у розподілі числа днів з туманом, так і в їх тривалості.

Середня тривалість туману в день з туманом на всій території становить близько 7 год і, як і число днів з туманом, характеризується значною мінливістю – від 5 до 15 год.

Найтриваліші тумани бувають в горах, у середньому за день – від 9 до 15 год. У теплий період року, крім високогірних районів, переважають короткочасні тумани тривалістю до 5 год, а в холодний – від 5 до 9 год.

Тривалість радіаційного туману в день з туманом коливається у межах від 1 год і менше до 6 год, адвективного – від 4 до 12 год, в окремих випадках – понад добу. Тривалість туману залежить у першу чергу від його інтенсивності (дальність видимості). Туман, за якого мінімальна видимість 100 м і менше, тривалістю 12 год вважається стихійним явищем, а з видимістю менше 500 м та тривалістю понад 3 год – небезпечним.

Максимальна повторюваність туману на значній території спостерігається тоді, коли видимість менша або дорівнює 200 м.

Туман з видимістю 50 м та менше відмічається рідко (1-2 випадки за рік), але у приморських районах, наприклад в Одесі, туман з такою видимістю повторюється у 18 % внаслідок впливу Чорного моря. У районі Донецька та Дніпропетровська такі тумани спостерігаються у 7-8 %, що пояснюється підніманням по схилу теплого вологого повітря з півдня та опусканням нижньої межі низької хмарності.

Видимість під час туману змінюється протягом всього періоду його наявності. Із збільшенням інтенсивності туману збільшується його тривалість (рис. 1.3), з видимістю у тумані менше 100 м середня тривалість дорівнює 10 год і максимальна повторюваність припадає на той же інтервал, причому загальна тривалість такого туману може бути понад 24 год.

Туман з мінімальною видимістю 100-200 м продовжується до 4 год, а його максимальна тривалість не перевищує 20 год, тоді як при видимості понад 500 м туман триває у середньому 1-2 год.

На виникнення туману істотно впливає напрям та швидкість вітру. На рівнинній частині максимум повторюваності туману відмічається під час південно-східного вітру (26 %), а мінімум припадає на північно-західний (3%).

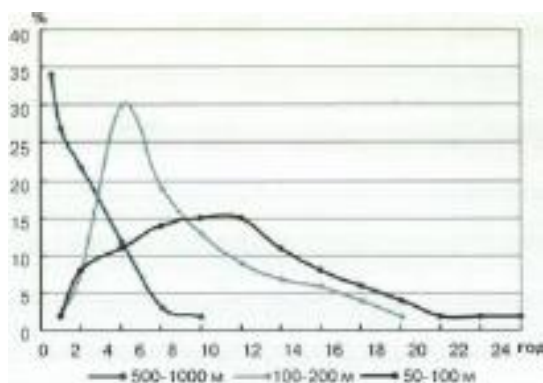


Рис. 1.3. Повторюваність (%) тривалості (год) туману за різної видимості

Під впливом орографії у Сімферополі найчастіше туман спостерігається під час північно-східного (близько 50 %) і південно-західного (20 %) вітру, а у Львові – західного (30 %). В Українських Карпатах та Кримських горах напрям вітру визначається положенням станцій відносно гірських долин та хребтів.

Незалежно від напрямку вітру незначне турбулентне перемішування сприяє утворенню туману, а посилений турбулентний обмін призводить до його розсіювання. Для виникнення туману найсприятливіший вітер, швидкість якого менше 3-4 м/с.

Туман – це безперервний процес конденсації, випаровування та випадання крапель. В інтенсивному радіаційному тумані на початковій стадії розвитку число крапель досягає 600-800, а в слабкому – 50-100 крапель в  $1 \text{ см}^3$ . Розподіл крапель за розмірами в адвективному і радіаційному туманах дещо різний. У радіаційному тумані модальний радіус становить 5 мкм, а в адвективному – 8 мкм. В адвективному тумані частіше трапляються значні за розміром краплі (20-30 мкм), а в радіаційному такі краплі бувають дуже рідко. На більшій частині території України, де переважає крапельно-рідкий туман охолодження, максимум його повторюваності спостерігається за температури близької до  $0^\circ\text{C}$ ; у більшості випадків його температурний діапазон перебуває у межах  $-5...5^\circ\text{C}$ . Лише у приморських південних районах максимум повторюваності туману відмічається за температури  $4...12^\circ\text{C}$ .

Отже, за повторюваністю та тривалістю туману на території України можна виділити такі райони:

- Українські Карпати і Кримські гори, що характеризуються найбільшою частотою туману: середнє число днів з туманом за рік становить 121-230 (Українські

Карпати), та – 185 (Кримські гори), середня тривалість у день з туманом – 9-15 год, а сумарна тривалість туману за рік – 1000-3000 год;

- Донецька, Приазовська, Волинська, Подільська, Придніпровська та відроги Середньоросійської височини, де середнє число днів з туманом за рік коливається від 60-70 до 100 днів, середня тривалість у день з туманом – 7-8 год, а сумарна тривалість – 500-600 год;

- низовини, де середнє число днів з туманом за рік дорівнює 40-50, середня тривалість у день з туманом – 5-7 год, а сумарна тривалість туману – близько 200 год;

- узбережжя Чорного та Азовського морів, підвітряні схили гір та височин, де середнє число днів з туманом – 10-20, середня тривалість у день з туманом – 4-5 год, а сумарна тривалість туману за рік – 70 год.

### 1.3 Тривалість туманів

Найбільша сумарна тривалість туману за рік відмічається у тих районах, де туман виникає найчастіше. У Кримських горах та Українських Карпатах середня тривалість туману становить 2000 - 3000 год, на височинах — 500 - 600, на рівнинах — 300 - 400 год. Менше 200 год тривалість туману буває на північному сході та Закарпатській низовині, а на Південному березі Криму — менше 70 год за рік.

Найтриваліші тумани спостерігаються в Українських Карпатах у листопаді-грудні (375 - 438 год), Криму у грудні-січні (281 - 300 год), на Придніпровській височині у листопаді — грудні (107 - 133 год), Придніпровській низовині у грудні — січні (97 - 93 год). Кожний район має свої особливості (циркуляційні, орографічні, територіальні тощо) як у розподілі числа днів з туманом, так і в їх тривалості.

Середня тривалість туману в день з туманом на всій території становить близько 7 год і, як і число днів з туманом, характеризується значною мінливістю — від 5 до 15 год.

Найтриваліші тумани бувають в горах, у середньому за день — від 9 до 15 год. У теплий період року, крім високогірних районів, переважають короточасні тумани тривалістю до 5 год, а в холодний — від 5 до 9 год.

Тривалість радіаційного туману в день з туманом коливається у межах від 1 год і менше до 6 год, адвективного — від 4 до 12 год, в окремих випадках — понад

добу. Найтриваліший адвективний туман на території країни спостерігався 16-20 листопада 1994 р. Він охопив всю східну частину, яка перебувала під впливом західної периферії стаціонарного антициклону з центром над Поволжям. Внаслідок адвекції теплого вологого повітря з Чорного моря та радіаційного вихолодження у нічний час на Донецькому кряжі (Дебальцеве) туман з видимістю 100 м і менше зберігався протягом 89,3 год. Тривалість туману залежить у першу чергу від його інтенсивності (дальність видимості). Туман, за якого мінімальна видимість 100 м і менше, тривалістю 12 год вважається стихійним явищем, а з видимістю менше 500 м та тривалістю понад 3 год — небезпечним.

Туман триває до того часу, доки туманоутворювальні чинники переважають над одночасно діючими туманорозсіювальними або перебувають з ними у рівновазі. Найчастіше туман розсіюється внаслідок зміни синоптичного процесу і радіаційного нагрівання. Адвективний туман приблизно у 65 % випадків піднімається внаслідок зміни циркуляції атмосфери, у 20 % – під впливом радіаційного нагрівання. Радіаційний туман у 60 % випадків розсіюється внаслідок радіаційного нагрівання і в 30 % – змін синоптичного процесу. Всі інтенсивні тумани зазвичай переходять у мряку.

#### 1.4 Визначення дальності видимості на мережі метеорологічні станції та на аеродромах для забезпечення авіації

На мережах метеостанцій дальність видимості визначається по вибраним орієнтирам, відстань до яких раніше відома чи раніше виміряна. Видимість в світлий час доби приймається рівна відстані від спостерігача до самого віддаленого об'єкта (орієнтира), який ще видно, але ще приймається спостерігачем тільки як сірий силует, без деталей. В якості орієнтирів для світлого часу доби вибираються любі об'єкти навколо метеостанції, які мають достатні кутові розміри. Об'єкти по кольору та яскравості повинні відмічатися від фону, на який вони проєктуються. Для зручного спостереження складається схема орієнтирів видимості, на яку наноситься положення метеостанції, вибрані орієнтири для оцінки видимості (різні об'єкти) та відстань до них.

Для нічних спостережень за видимістю вибирають світові орієнтири (вісім – дев'ять вогників), розташовані на різних відстанях від метеостанції.

Вогники повинні бути відкритими та білого кольору. В якості світових орієнтирів можуть використовуватися вогники посадкових систем, розташованих паралельно ЗПС. В нічний час видимим рахується вогник, спостерігаючи як палаюча точка, а невидимим – вогник, проглядаючи як розмита світла пляма.

При неоднорідній видимості відмічається її найменше значення.

Для забезпечення авіації видимість вимірюється інструментально. Існує декілька методів спостереження за видимістю – метод трансмісометра, метод спостереження та телевізійний.

Метод трансмісометра складається в тому, що вимірюється коефіцієнт послаблення (або прозорості) на базовій лінії відстанню до 150 м між джерелом світла та фотоприймачем; метеорологічна дальність видимість розраховується по формулі. Даний метод використовується в багатьох країнах.

Метод спостерігача складається в наступному; підраховується число вогників або денних маркерів на ЗПС, видимих з міста спостереження навколо ЗПС, після чого це число приймається в дальність видимість на ЗПС.

При телевізійному методі на вогники ЗПС або маркери напрямляють телевізійні камери, встановлені навколо ЗПС. Спостерігач контролює телевізійний приймач на станції спостереження. Регулювання характеристик телевізійної системи дозволяє бачити на телеекрані стільки вогників ЗПС, скільки бачив би спостерігач з місця установки камери.

Порівнюючи результати вимірювання видимості по приладам з даними по орієнтирам (щіткам) показує, що при видимості менше 3 км виміряні значення МДВ часто нижче спостерігаючи на 20-30%. Приладні вимірювання видимості на ЗПС більш об'єктивні, чим визначення видимості по орієнтирам.

При наявності в аеропорту посадкової системи для вимірювання видимості використовують вогні високої інтенсивності (ВВІ). Вони бувають без розсіювачів та з розсіювачами. Вогні без розсіювачів мають вузький пучок світла з максимальною інтенсивністю в напрямленні оптичної вісі. Вогні з розсіювачами характеризуються приблизно постійною силою світла в межах кута відхилення від оптичної вісі до  $7^\circ$ . ВВІ мають різну ступінь яркості. Чим менша видимість, тим більш висока ступінь яркості використовується для вимірювання видимості.

Вогні високої інтенсивності бачити краще, чим звичайні вогні. Дальність видимість ВВІ, визначається зі стартового диспетчерського пункту (СДП), згідно даним спостережень, в 1,5-2 рази менше, чим з вісі ЗПС.

Труднощі визначення дальності видимості ВВІ проходять шляхом по значенням МДВ, отримані за допомогою РДВ. Дальність видимість ВВІ ЗПС розраховується по спеціальних таблицях. При наявності на аеродромі автоматизованих систем вимірювання метеорологічних параметрів розрахунки дальності видимості можуть бути здійснені автоматично (якщо закладена відповідна програма розрахунку).

Прийнятий в нинішній час порядок метеозабезпечення вильотів передбачає, щоб на аеродромах, маючих ВВІ, при видимості 2000 м та менше, крім визначення видимості по приладу, проводився розрахунок дальності видимості ВВІ. Значення дальності видимості ВВІ входить в телеграму про погоду після значення видимості, визначених інструментально або по орієнтирах.

У зведеннях METAR, SPECI результати спостережень за видимістю надаються таким чином:

1) у разі використання даних автоматизованої метеорологічної станції вноситься значення переважаючої видимості. У випадку, якщо видимість у різних напрямках є неоднаковою, а мінімальна видимість відрізняється від переважаючої видимості і її значення становить менше 1500 метрів або менше 50 % від значення переважаючої видимості та менше 5000 метрів, то в зведеннях, крім переважаючої видимості, вносяться також мінімальне значення видимості та її основний напрямок відносно аеродрому із зазначенням одного з восьми румбів. Якщо мінімальна видимість спостерігається в кількох напрямках, то вноситься найбільш важливий для забезпечення зльоту (посадки) ПС напрямок.

Коли видимість змінюється швидко і визначити переважаючу видимість неможливо, вноситься тільки мінімальне значення видимості без зазначення напрямку;

2) у разі використання даних автономних приладів або візуальних спостережень переважаюча видимість не оцінюється. Вноситься мінімальне значення видимості, виміряне вздовж ЗПС ТЗМ, або мінімальне значення, визначене за схемою орієнтирів видимості, без зазначення напрямку спостереження.

Під час візуальних спостережень у сутінках горизонтальна видимість на аеродромі оцінюється як за денними орієнтирами, так і за нічними орієнтирами (вогнями), при цьому до зведень заноситься більше з визначених значень видимості в момент спостереження.



## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ ТУМАНООУТВОРЕННЯ НА АМСЦ УЖГОРОД

### 2.1 Кліматичний опис Ужгорода

Закарпатська область розташована на південному заході України, займає південно-західну частину Українських Карпат та північно-східну частину Середньодунайської низовини по річці Тиса і її притоках. 80% території гори, 20% - низини і тераси річок.

Область знаходиться в межах двох великих фізико-географічних одиниць – Карпатської гірської та Закарпатської низовинної. Поверхня плоска, східчаста слабо нахилена на південний захід.

Що ж до Українських Карпат, то вони займають 4/5 території області. Гори простягаються з північного заходу на південний схід, в цьому ж напрямі збільшується їх висота, змінюється вигляд. Карпати простягаються у вигляді поздовжніх ланцюгів хребтів та міжгірних долин. Хребти асиметричні: північно-східні круті, а південно-західні – пологі. Середня висота хребтів 700 до 1500 м. Жодна з вершин не досягає снігової лінії.

Закарпаття, як і всі Карпати, відзначається великою кількістю атмосферних опадів, отже, і значним поверхневим стоком атмосферних вод, з яких формуються ріки. Ріки розробляють долини, розмивають гірські породи, відкладаючи їх у долинах, утворюють заплави та тераси, на яких росте пристосована до таких умов рослинність, утворюються специфічні ґрунти.

Територія Ужгородського району переважно низовинна. Саме в цьому районі найнижча точка регіону – 101 м. над рівнем моря (с. Руські Геївці). Значну роль у формуванні рельєфу місцевості відіграють великі річки – Тиса, Уж, Латориця.

Ужгород розташований в долині річки Уж, на півночі Закарпатської низовини (з висотами 112 - 115 м над рів. м), з півночі і сходу на відстані 1-2 км оточений відрогами Вигорлат-Гутинського (вулканічного) хребта. Велика частина правобережжя і частково лівобережжя міста знаходиться в передгірній зоні, з максимальними відмітками в північній частині 260 м над рівнем моря.

Річка Уж широкою долиною перетинає Вигорлат-Гутинський хребет, розділяючи його на окремі низько-горні масиви, протікає через місто зі сходу на

захід на рівні 113 м, виходить на Закарпатську низовину. Річка помірно звивиста, русло не розгалужене. Ширина річки в межах міста 30-60 м, в період паводків 100-110 м. Весняна повінь спостерігається рідко, макс. амплітуда підйому рівня води 2,0-3,5м (березень-травень). Територія міста становить 41,56 км<sup>2</sup>. Найвища точка Ужгорода — гора Велика Дайбовецька — 224 м.

Клімат Ужгорода – помірно-континентальний [10]. Улітку середня температура повітря становить +21°C, а взимку –4°C. У середньому за рік в Ужгороді випадає 748 мм атмосферних опадів. Погодні умови Закарпаття обумовлюються в основному чергуванням впливу відрогів азорського і сибірського антициклонів і переміщенням циклонів з Атлантики і Середземномор'я.

Клімат Закарпатської області формується в результаті складної взаємодії радіаційних умов, циркуляції атмосфери та рельєфу. Незважаючи на значну повторюваність антициклонів і пов'язана з нею континентальність, клімат Закарпаття м'якше, ніж в цілому по Україні, що пояснюється пом'якшуючою дією гір, які захищають територію області від холодних північно-східних потоків взимку. В цілому кліматичні умови Закарпаття характеризуються теплим тривалим літом та м'якою, з частими відлигами зимою.

## 2.2 Повторюваність туманів на АМСЦ Ужгород з 2011 по 2019 рр.

Тумани відіграють важливу роль в роботі авіації. Їх наявність завдає великої перешкоди літакам, впливає на їх зліт та посадку. Туман є одним з найбільш небезпечних явищ, що часто повторюються.

Для дослідження туманоутворення використані дані <http://rp5.ua/Погода> в мере [7] АМСЦ Ужгород за 2011 по травень 2019 рр. На повторюваність туманів великий вплив мають місцеві особливості: висота станції, орієнтування території щодо туманоутворюючих потоків, форми рельєфу та ін. Тумани в Ужгороді спостерігаються рідше, ніж на сусідніх гірських станціях, що обумовлено її положенням.

В середньому на АМСЦ Ужгород в вибрані роки спостерігалось 53 дні з туманом, що більше, ніж за багаторічними даними – 40 днів (табл. 3.2). Число днів з туманом із року в рік коливається. В окремі роки число днів з туманом може сильно відрізнятись від середнього багаторічного.

Таблиця 2.1 – Кількість днів з туманами (к.в.) та їх повторюваність (P, %) на АМСЦ Ужгород с 2011 по 2019рр.

Роки	Місяці												Всього	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	к.в	%
2011	21	15	1	-	1	-	-	-	2	3	19	18	80	16,7
2012	15	10	2	1	-	3	-	-	1	8	13	16	69	14,4
2013	15	8	10	4	1	1	-	-	1	2	6	9	57	11,9
2014	16	11	1	-	-	1	-	1	3	12	13	6	64	13,4
2015	18	10	1	1	1	-	1	-	1	12	21	19	85	17,8
2016	8	2	1	1	-	-	-	-	2	2	2	7	25	5,2
2017	4	11	4	-	1	-	-	1	-	5	2	6	34	7,1
2018	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	9	7	19	4,0
2019	3	3	-	1	1	-	1	-	4	7	11	14	45	9,4
Сума	100	70	22	8	5	5	3	2	14	51	96	102	478	100
середнє	11,1	7,8	2,4	0,9	0,6	0,6	0,3	0,2	1,6	5,7	10,7	11,3	53,1	
P,%	20,9	14,6	4,5	1,7	1,1	1,1	0,6	0,4	3,0	10,7	20,1	21,3		100

Таблиця 2.2 – Число днів з туманом середнє та максимальнє на АМСЦ Ужгород за багаторічними даними

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	Рік
8,3	6,0	2,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	2,3	4,5	5,6	7,6	34,6	5,1	39,7
20,9	15,1	6,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,8	5,8	11,3	13,3	19,1	87,2	12,8	100
18	16	8	2	3	3	2	3	8	12	17	17	48	17	61

Сезон туманів починається восени, у вересні-жовтні. Найбільш часто тумани спостерігаються взимку, в грудні-січні, в середньому по 7-8 днів з туманами, в окремі роки 19-21.

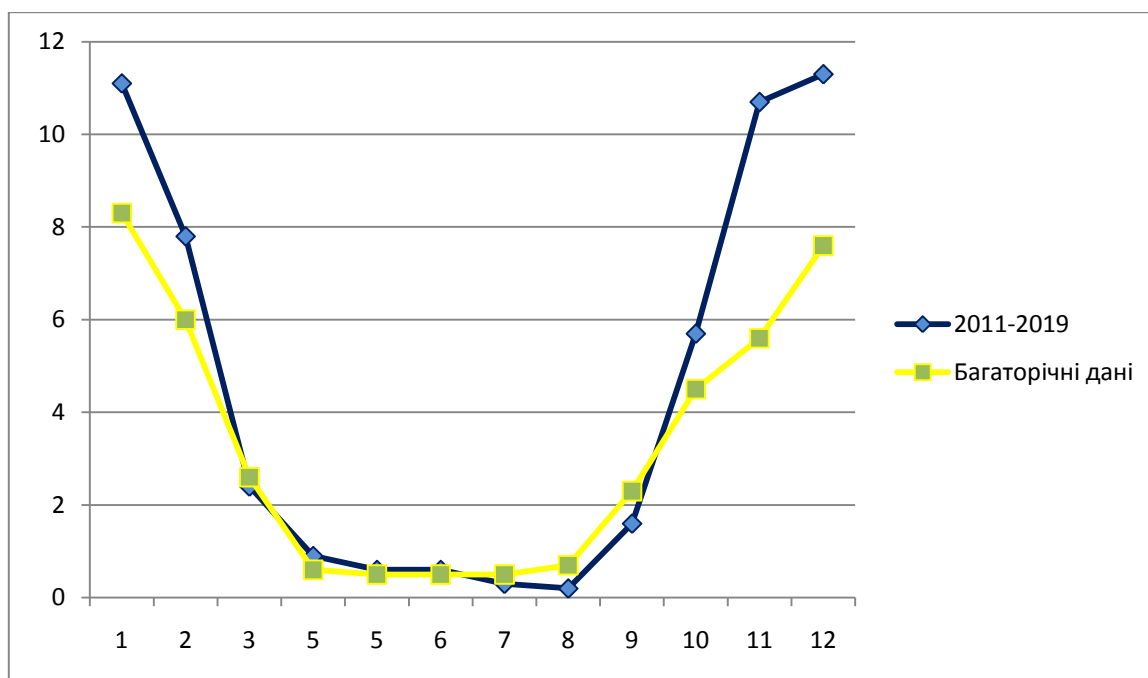


Рис. 2.1. Графік середньої кількості днів з туманами по місяцях на АМСЦ Ужгород за періоди 1961-1990 та 2016-2019 рр.

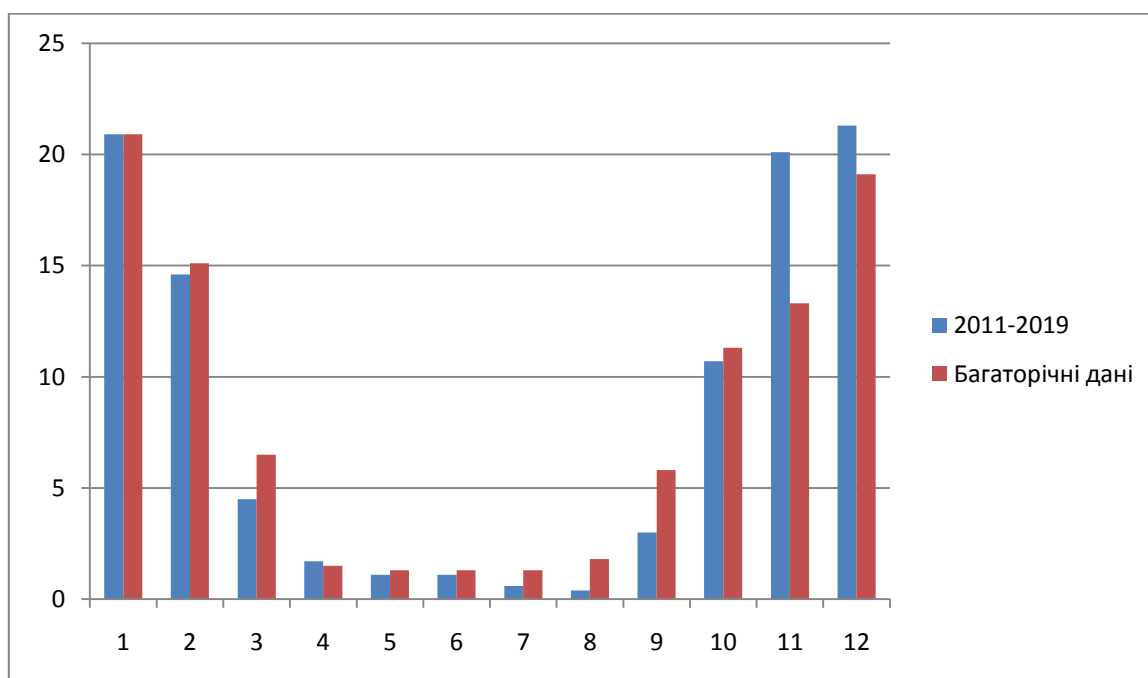


Рис. 2.2. Порівняльна діаграма повторюваності туманів на АМСЦ Ужгород за періоди 1961-1990 та 2016-2019 рр.

За даними з табл. 3.1 і 3.2 побудовані графіки річного ходу (рис. 3.1 та 3.2) середньої кількості днів з туманами для кожного місяця за періоди 1961-1990 та

2011-2019 рр. Як слід з рис. 3.1, найбільше днів в 2011-2019 рр. припадає на грудень – 102 та січень – 100, а найменше на серпе – 2. Порівняння графіків виявляє збереження основної тенденції – переважання туманів у холодне півріччя. Наприклад, у 2011-2019 рр. спостерігається мінімум у серпні, якого не було в 1961-1990 рр. Кількість туманів збільшилася в серпні-лютому та листопаді-грудні, тобто виявилось збільшення активності туманоутворення в осінньо-зимовий період 2011-2019 рр. на фоні загального збільшування кількості туманів в цілому за рік.

Тривалість туманів коливається в широких межах. В середньому за рік вона дорівнює 165 годин, найбільша тривалість (до 347 годин) спостерігається в зимові місяці, в грудні-січні вона становить 50 годин, в окремі роки може досягати 178 годин. У літні місяці сумарна тривалість туманів дорівнює всього 3-4 години.

Середня тривалість одного дня з туманом 5,3 години. Більше половини туманів тривають 4 години і менш. У теплу пору кількість таких туманів становить 95-100%. У листопаді-грудні окремі тумани можуть тривати більш 36 годин, так в січні 1962 року туман тривав 62 години.

За даними кліматичного опису, який було складено на АМСЦ Ужгород за 2011-2015 рр. (табл. 3.3) частіше всього тумани виникають у ранкові години (04:00-06:00), та ввечері (16:00-18:00), найрідше вдень (10:00-12:00). Тривалість дуже різноманітна, від 110 до 244 годин за рік. Найчастіше тумани тривають 1-3 години.

Таблиця 2.3 – Сумарна тривалість туманів (години) по місяцях

Рік	Місяць												Разом	Середня
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2011	78 <sup>45</sup>	59 <sup>45</sup>	0 <sup>30</sup>	1 <sup>10</sup>	0	0	0	0	3 <sup>03</sup>	1 <sup>30</sup>	45 <sup>25</sup>	53 <sup>55</sup>	244 <sup>03</sup>	20 <sup>20</sup>
2012	24 <sup>05</sup>	12 <sup>30</sup>	3 <sup>10</sup>	0	0 <sup>12</sup>	3 <sup>05</sup>	0	0	1 <sup>50</sup>	12 <sup>00</sup>	27 <sup>35</sup>	32 <sup>00</sup>	116 <sup>27</sup>	9 <sup>42</sup>
2013	34 <sup>25</sup>	5 <sup>47</sup>	6 <sup>15</sup>	0	1 <sup>07</sup>	0	0	0	0 <sup>45</sup>	2 <sup>10</sup>	37 <sup>42</sup>	22 <sup>10</sup>	110 <sup>21</sup>	9 <sup>12</sup>
2014	36 <sup>38</sup>	5 <sup>05</sup>	0	1 <sup>05</sup>	0 <sup>30</sup>	0	0	0	3 <sup>00</sup>	14 <sup>05</sup>	54 <sup>20</sup>	8 <sup>40</sup>	123 <sup>23</sup>	10 <sup>17</sup>
2015	45 <sup>39</sup>	6 <sup>55</sup>	1 <sup>40</sup>	0 <sup>30</sup>	0 <sup>55</sup>	0	2 <sup>30</sup>	0	0 <sup>50</sup>	16 <sup>30</sup>	80 <sup>40</sup>	71 <sup>55</sup>	227 <sup>44</sup>	18 <sup>59</sup>
Разом	219 <sup>32</sup>	89 <sup>42</sup>	11 <sup>35</sup>	2 <sup>45</sup>	2 <sup>44</sup>	3 <sup>05</sup>	2 <sup>30</sup>	0	9 <sup>27</sup>	46 <sup>15</sup>	245 <sup>42</sup>	188 <sup>40</sup>	821 <sup>57</sup>	68 <sup>30</sup>
Середня	43 <sup>54</sup>	17 <sup>56</sup>	2 <sup>19</sup>	0 <sup>33</sup>	0 <sup>33</sup>	0 <sup>37</sup>	0 <sup>30</sup>	0	1 <sup>54</sup>	9 <sup>15</sup>	49 <sup>08</sup>	37 <sup>44</sup>	164 <sup>23</sup>	13 <sup>42</sup>

Аналізуючи спостереження з туманом за 9 років, у пункті дослідження, слід відмітити чіткий річний хід туманоутворення (рис. 3.1 і 3.2), який є характерним для

всієї України. Тобто, в більшості випадків, туман формувався в холодне півріччя з жовтня по березень. Найбільша повторюваність припадала на січень-грудень, а найменша на серпень. В літні місяці тумани відмічаються не щорічно (в середньому біля одного дня в місяць).

### 2.3 Розподіл вітру та температури при туманах на АМСЦ Ужгород 2011-2019 рр.

Великий вплив на утворення туманів надає розподіл метеорологічних величин, особливо температури, вологості, вітру. При туманах найчастіше температура повітря знаходиться в межах  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ .

Тумани на АМСЦ Ужгород можуть спостерігатися за різних температур, як від'ємних так і додатних. Найнижча температура при якій утворювався туман –  $-23,9^{\circ}\text{C}$  (2013 р). В осіннє-зимовий період тумани, найчастіше утворюються за від'ємних температур та температур близьких до  $0^{\circ}\text{C}$ . В інші місяці (з квітня по жовтень) температурний фон за наявності туману додатний, та найвищих значень середня температура досягала у липні 2018 року та становила  $17,2^{\circ}\text{C}$ .

Цікаві залежності отримані між інтенсивністю туману та швидкістю вітру. Вітер є важливою умовою виникнення та існування туману. Слабке турбулентне перемішування зазвичай сприяє туману, а значний турбулентний обмін спричиняє його розсіювання. Найбільш сприятливим для адвективних туманів є вітер зі швидкістю менше 3-4 м/с, для радіаційних – менш 1-2 м/с (табл. 2.6). При більш високих швидкостях відбувається розсіювання туману. При південно-східних вітрах відзначається максимум туманів, а при північно-західному – мінімум. При південно-східному вітрі погіршення видимості може спостерігатися и при більш сильному вітрі до 5-7 м/с, але зазвичай це відбувається за рахунок сильних опадів.

Отже, на АМСЦ Ужгород тумани найчастіше спостерігалися при нестійкому вітрі (штилі) і при вітрі південно-східного напрямку. Менше всього спостерігався туман при північно-східному, північному, південно-західному напрямі.

### 2.4 Сильний туман з дальністю видимості 100 м та менше в місті Ужгород

Число випадків сильного туману з року в рік змінюється та трапляється не дуже часто. Найбільше випадків відмічалось у 2011 році – 45 випадків, найменше – 1

випадок в 2012 році. Видимість менше 100 м не має чіткого добового ходу та виникає протягом всіх годин доби. Туман з видимістю 100 м та менше виникає при температурі від  $-5^{\circ}\text{C}$  ДО  $+10^{\circ}\text{C}$ , при тому дефіцит точки роси не перевищує  $0,8^{\circ}\text{C}$

Сильний туман з дальністю видимості 50 м та менше спостерігається ще рідше, та утворюється, також, лише з листопада по лютий. За даними вибірки за 2011-2019 рр. туман з дальністю видимості 50 м та менше спостерігався лише у 2011 році – 4 випадки та у 2018 році – 2 випадки. Сильні тумани спостерігались при температурі повітря близько  $0^{\circ}\text{C}$ , та повному штилі.

Таблиця 2.4 – Число випадків туману з видимістю 100 м, та менше

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
100	45	1	10	15	18	9	7	15	3
50	4	-	-	-	-	-	-	2	-

Таблиця 2.5 – Річна повторюваність туману з видимістю 100 м, та менше при різних напрямках вітру (%)

Напрямок вітру	Січень	Лютий	Листопад	Грудень	Разом
Штиль	19,1	8,9	14,2	21,8	64,0
Пн	0,6	0,5	0,7	0,4	2,2
ПнСх	0,6	0,1	0,1	0,3	1,1
Сх	-	-	-	-	-
ПдСх	1,8	0,7	1,7	1,4	5,6
Пд	0,4	0,2	0,5	1,1	2,2
ПдЗх	0,9	0,1	0,4	0,8	2,2
Зх	1,1	0,8	0,6	1,0	3,5
ПнЗх	6,1	4,5	3,8	4,8	19,2
Разом	30,6	15,8	22,0	31,6	100

Таблиця 2.6 – Річна повторюваність туману з видимістю 100 м, та менше в залежності від швидкості та напрямку вітру (%)

Швидкість вітру м/с	Напрямок вітру								Разом
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	
Штиль	-	-	-	-	-	-	-	-	64,0
1-2	2,2	1,1	-	5,6	2,2	2,2	3,5	17,0	33,8
3-5	-	-	-	-	-	-	-	2,2	2,2
≥6-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом	2,2	1,1	-	5,6	2,2	2,2	3,5	19,2	

Аналізуючи річну залежність від напрямку вітру видимість менше 100 м з березня по жовтень не відмічається. Максимальна повторюваність 64% при штилі, при швидкості вітру 1-2 м/с – 34%, при швидкості вітру 3-5 м/с лише 2%, при вітрах швидкістю більше 5 м/с не туман спостерігався. В грудні та січні часто спостерігається при вітрах північно-західного напрямку. Зрідка туман відмічався при вітрах північно-східного напрямку. Зовсім не спостерігається при вітрах східного напрямку.

## 2.5 Характеристика баричного поля, що сприяє виникненню туманів

Радіаційні тумани над територією Західної Європи найчастіше формуються в антициклонах і розмитих баричних полях. Радіаційний туман формується над сушею при безхмарній погоді, слабких вітрах в результаті нічного зниження температури повітря перед сходом Сонця, коли мінімальна температура повітря стає нижчою за точку роси у вечірній строк за рахунок радіаційного охолодження підстильної поверхні. Формування радіаційного туману відбувається в антициклонах, гребнях, баричних сідловинах, іноді, переважно влітку, у мало градієнтному полі зниженого тиску. В більшості випадків туман виникає при малохмарній погоді та швидкості вітру біля поверхні землі до 2-3 м/с. Інверсійний розподіл температури при малому дефіциті точки роси у шарі 50-300 м від поверхні землі сприятливий для виникнення радіаційного туману. Радіаційний туман, як правило, утворюється ввечері або вночі і розсіюється через деякий час після сходу Сонця. Стан поверхні ґрунту (її вологість) грає суттєву роль у виникненні туману. Виникненню туману сприяє також увігнутий рельєф місцевості (долина, улоговина), куди вночі стікає повітря з більш високих місць, застоюється і додатково охолоджується.



Адвективні тумани найчастіше спостерігаються в циклонах та улоговинах, а також на західній периферії антициклонів. Адвективні тумани виникають при адвекції теплого повітря на холодну підстильну поверхню. Над територією Західної Європи адвективні тумани бувають часто в кінці осені та взимку. Адвективні тумани охоплюють величезні райони і розповсюджуються вгору на сотні метрів. Вони можуть виникати і при значній швидкості вітру. Тепле повітря вихолоджується при контакті з холодною підстильною поверхнею, а велике турбулентне переміщення розповсюджує вихолодження до значної висоти. При цих туманах також існує інверсійний розподіл температури. При значній турбулентності відбувається коагуляція крапель туману і найбільші краплі падають на земну поверхню у вигляді мряки.

Формування туману за рахунок чисто адвективного фактору над сушею спостерігається рідко, як правило, адвективний фактор доповнюється радіаційним. Адвективно-радіаційний туман формується над охолодженою сушею переважно в холодний період року, вночі, при слабкій адвекції теплого повітря. Швидкість вітру в приземному шарі повітря складає 1-2, рідко 3-4 м/с. Додаткова конденсація водяної пари виникає за рахунок радіаційного охолодження теплого повітря в приземному шарі, цьому сприяє повне прояснення навіть на короткий проміжок часу або хмарність незначної густини і товщини.

Усі перелічені види туманів виникають в середині повітряних мас поза межами атмосферних фронтів. Однак існує ще один вид туманів випаровування – перед теплим фронтом. Атмосферні опади у вигляді дощу зволожують земну поверхню. Інтенсивне випаровування із земної поверхні та безпосередньо з крапель дощу насичує повітря водяною паром і утворюється туман. Це суцільна смуга туману перед фронтом.

Найчастіше тумани виникають при найбільшому охолодженні земної поверхні, тобто вранці. У горах тумани утворюються будь-якої частини доби, але усе-таки дещо частіше вони появляються 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.

## 2.6 Аналіз синоптичних умов формування туману в Закарпатті 4 листопада 2020 р.

Погода м. Ужгород та Закарпатської області 04.11.20р. визначалась сідловиною над Балканами, та знаходилася на периферії масивного гребня антициклону над півднем Сибіру. З помірних широт Атлантики через Середземне море в нижній та середній тропосфері на територію України переміщувались теплі повітряні маси, які сприяли утворенню стійких глибоких інверсій. Малорухомий холодний фронт з хвилями, пов'язаний з циклоном над Північним морем, який протягнувся вздовж центральної Польщі, Словаччиною, Альпами та фронт оклюзії над Західною Україною та Балканами, який повільно зміщується на північній схід зі швидкістю 10-15 км/год. Південно-західний перенос разом зі значної адвекцією тепла та вологи, та перехід від адвекції до стабілізації вологого теплого повітря, при якому відбувається конденсація вологи і поступове зниження температури в нижньому шарі атмосфери. Спостерігалась низька хмарність з висотою 200-300 м. При натіканні низької хмарності створюються малі адвективні градієнти температури, і нижня межа хмар доходить до поверхні землі. Туман охопив велику територію.

В приземному шарі повітря спостерігався південно-східний вітер, 1-2 м/с, відбувалась адвекція теплого вологого повітря, яке додатково насичувалось вологою завдяки опадам, які випали напередодні. Внаслідок перелічених факторів склались класичні умови для утворення туману та серпанку, з видимістю 1000-2000 м, який тримався протягом дня. На кілька хвилин зранку видимість погіршилась до 100-200 м, при цьому температура повітря була  $+8,2^{\circ}$ , відносна вологість 95 %, а швидкість вітру 0 м/с.

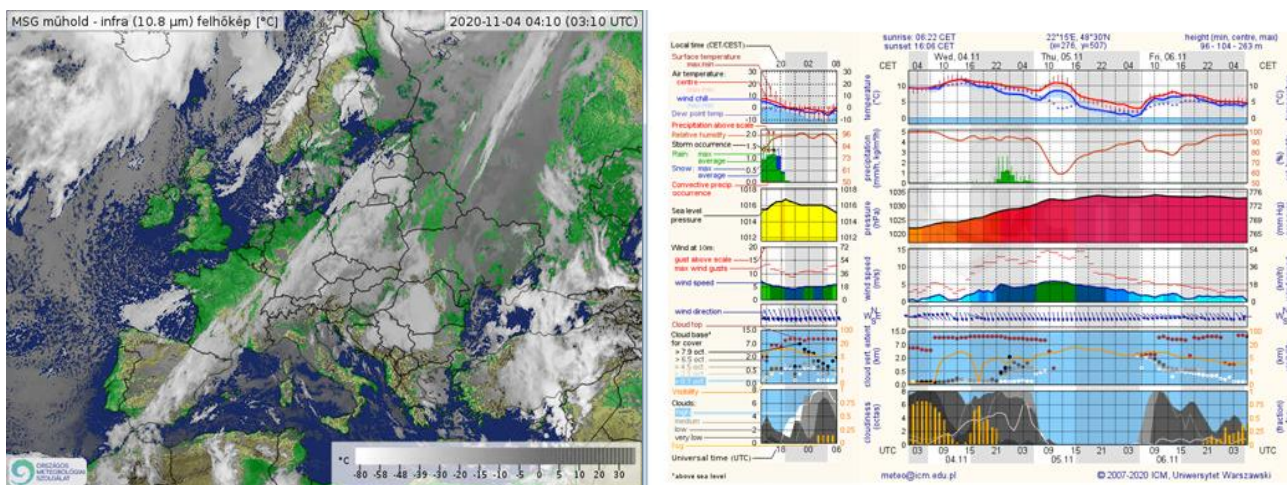


Рис. 2.1. Супутниковий знімок та прогностична модель



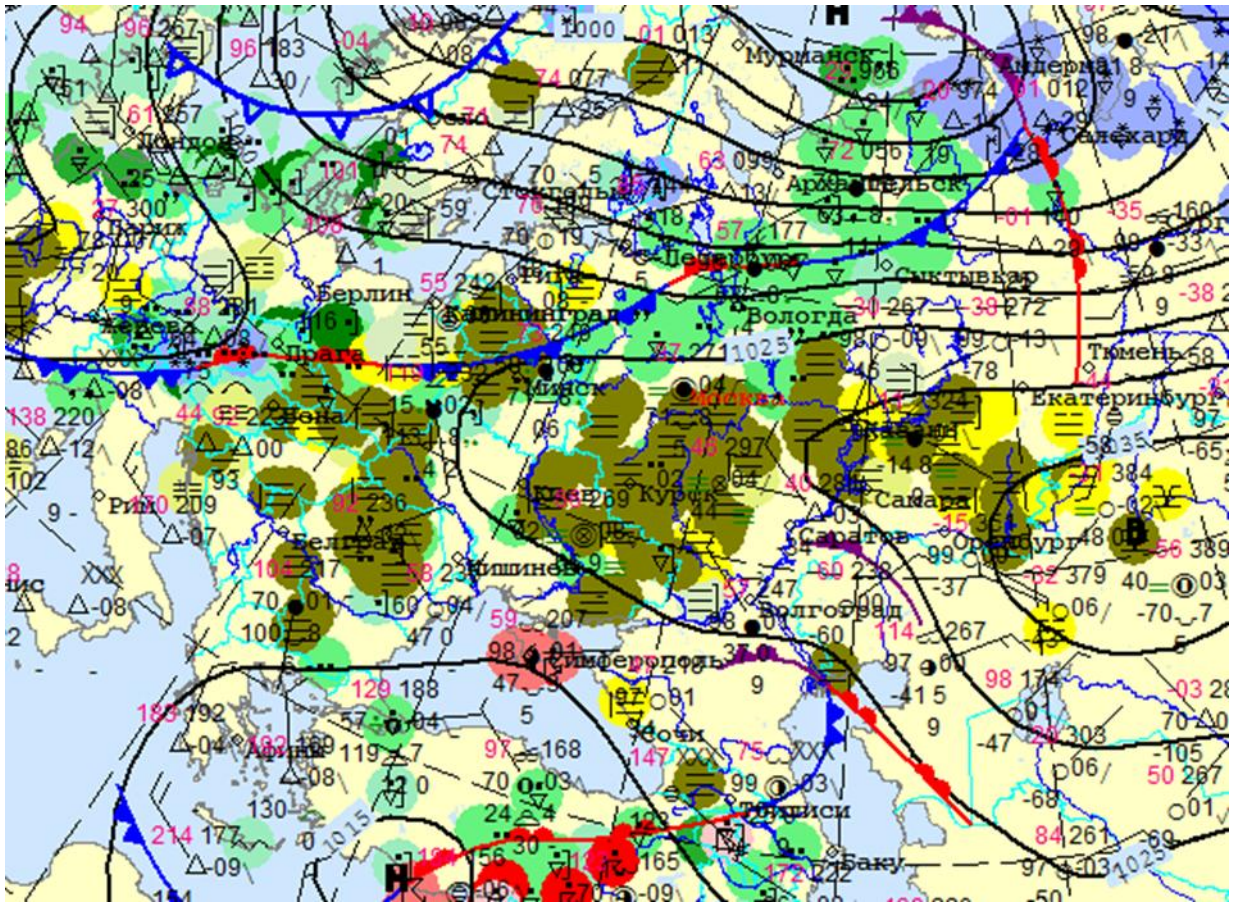


Рис. 2.2. Аналіз приземний 04.11.20 за 00:00 UTC

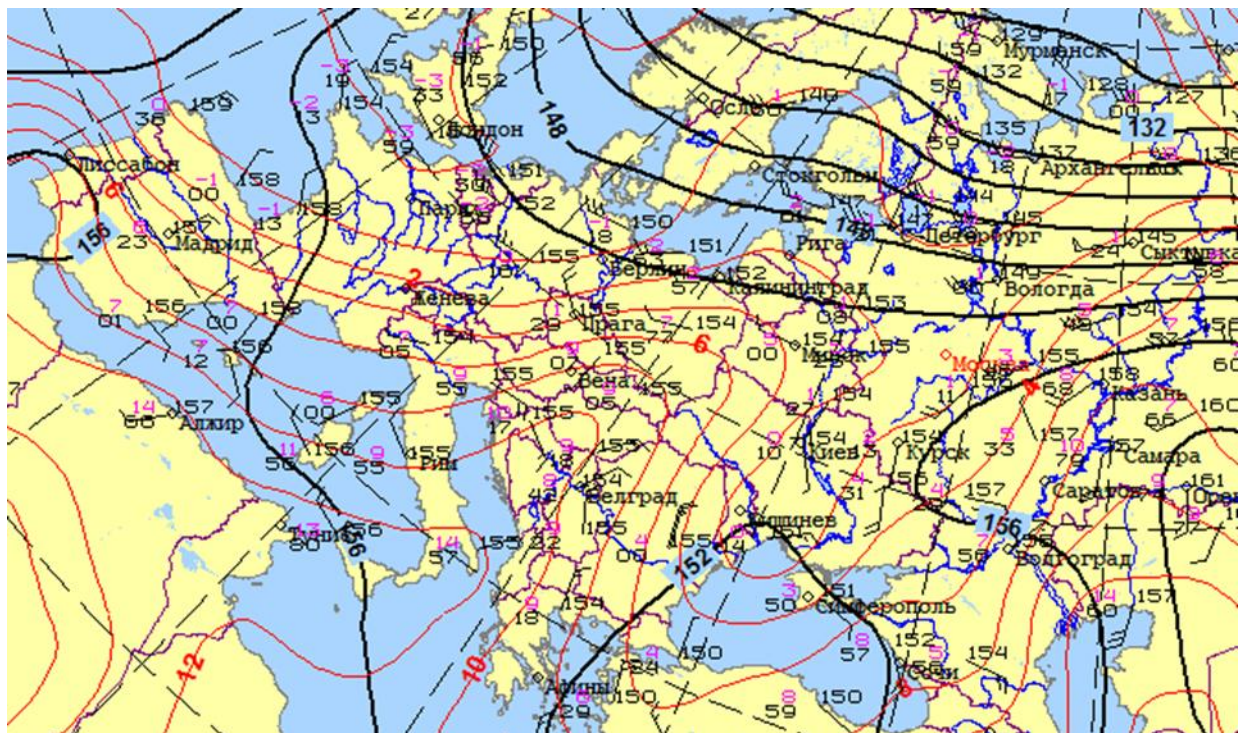


Рис. 2.3. Аналіз АТ-850 04.11.20 за 00:00 UTC



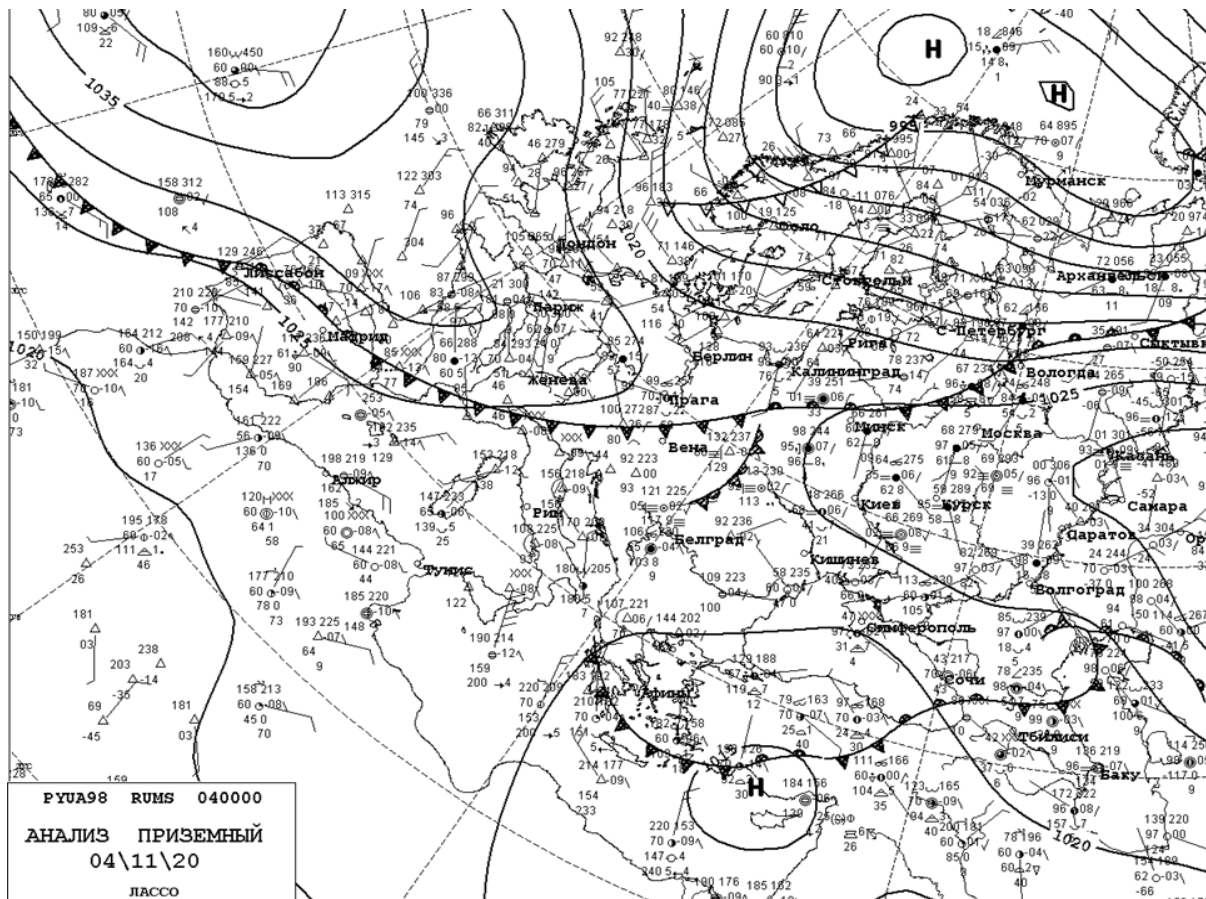


Рис. 2.4. Анализ приземный 04.11.20 за 00:00 UTC

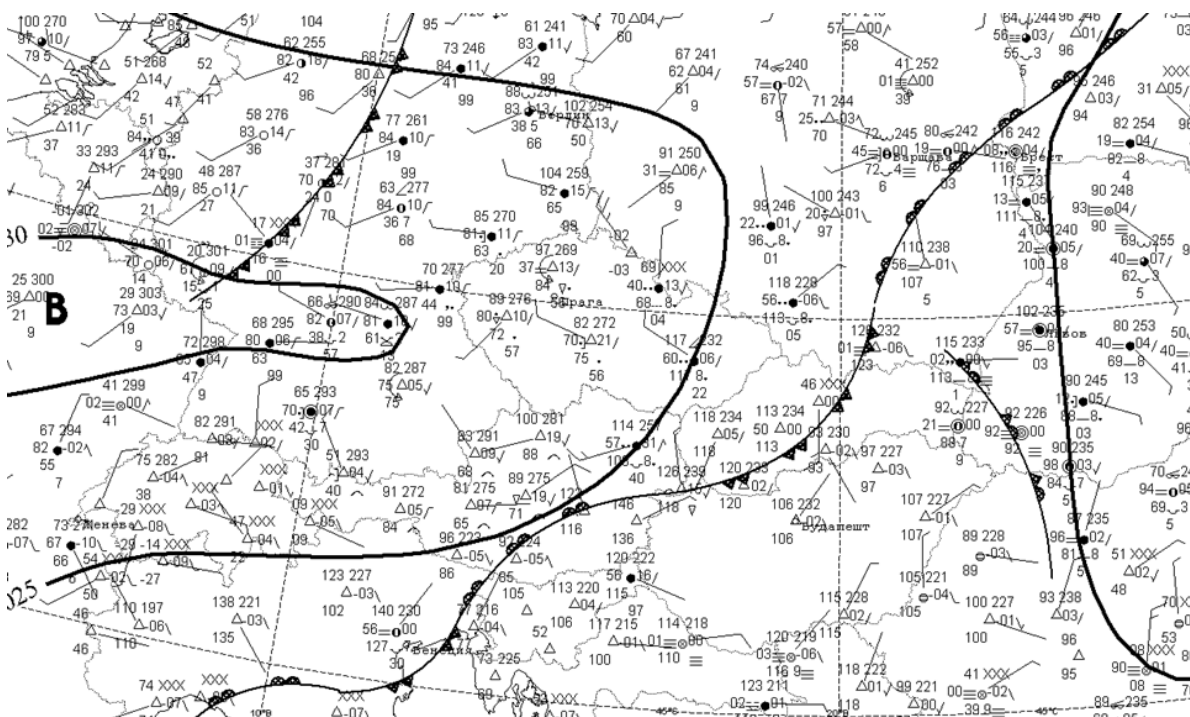


Рис. 2.5. Приземна карта 04.11.20 за 03:00 UTC

## ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи, слід відмітити, що детальне врахування повторюваності туману у різних умовах дозволяє суттєво покращити прогнозування цього явища по території (особливо для потреб авіації) та можна зробити наступні висновки:

1. В середньому, за рік на АМСЦ Ужгород в 2011-2019 рр. спостерігалось 53 дні з туманом, що більше ніж у 1961-1990 рр. (40 днів). Кількість туманів збільшилася в січні-лютому та листопаді-грудні, тобто виявилось збільшення активності туманоутворення в осінньо-зимовий період 2011-2019 рр. на фоні загального збільшення кількості туманів в цілому за рік у порівнянні з 1961-1990 рр.

2. У пункті дослідження відмічається чіткий річний хід найбільше днів з туманами в 2011-2019 рр. припадає на осінньо-зимовий період, а саме на грудень – 11,1 та січень – 11,3 випадків; а найменше весняно-літній період найменше на серпень – 0,4 випадків.

3. Протягом доби найчастіше тумани формувалися вночі і зранку. Максимальна їх повторюваність зафіксована у ранкові години (04:00-06:00), та ввечері (16:00-18:00), а мінімальна - в період з 10 до 12 годин. Тривалість дуже різноманітна, від 110 до 244 годин за рік. Найчастіше тумани тривають 1-3 години.

4. В пункті спостереження тумани найчастіше спостерігалися при нестійкому вітрі і при вітрі південно-східного напрямку. Менше всього спостерігався туман при північно-східному, північному, південно-західному, північно-західному напрямі.

5. За період дослідження тумани утворювались при великому діапазоні температур: від  $-23,9$  до  $17,2^{\circ}\text{C}$ . Більше половини всіх туманів в холодний період утворюється, при температурі повітря від  $-2...4^{\circ}\text{C}$ , що складає відповідно 60 %. Крім того, повторюваність туманів за рік при позитивній температурі в 2,5 рази більше повторюваності туманів, при від'ємній температурі, що вказує на перевагу протягом року крапельно-рідких туманів;

6. Найбільша кількість туманів утворювалася при штилі і при швидкості 0-2 м/с. Туман при швидкості вітру більше 5 м/с в Ужгороді може спостерігатися при південно-східному вітрі, але зазвичай це відбувається за рахунок сильних опадів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баранов А.М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 205 с.
2. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология. СПб.:Гидрометеиздат, 1992. 347с.
3. Гойса Н.И. Некоторые закономерности суточного и годового хода радиационного баланса подстилающей поверхности и его составляющих // Труды УкрНИГМИ. 1962. Вып. 31. С. 60–81.
4. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б.Авіаційна метеорологія: Конспект лекцій – Дніпропетровськ: ПБП «Економіка», 2006. 140 с.
5. Клімат України. - К.: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Кліматичний кадастр України. Київ, 2002. 446 с.
7. <http://rp5.ua/Погода в мире>. (дата звернення 10.11.2020 р.)
8. Практикум з синоптичної метеорології // Під ред. Івус Г.П., Іванової С.М. Одеса, ТЕС. 2004. 419с.
9. Школьний Є.П. Фізика атмосфери // К.: Міносвіти України, 1997. 698 с.
10. Клімат Ужгорода / под ред. В.Н. Бабиченко. Л: Гидрометеиздат, 1991. 191 с.
11. Кошеленко И.В. Туманы // Труды Укр НИГМИ, 1976. Вып. 225. 215 с.
12. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні і стихійні явища погоди. - Київ: Державна гідрометеорологічна служба. 2003. 31 с.
13. Кошеленко И.В. Туманы // Труды УкрНИГМИ. 1977. Вып.155. С.211-215.
14. Богаткин А.Г. Авиационные прогнозы погоды. Учебное пособие (2-е изд.). СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 288 с.
15. Івус Г.П., Боровська Г.О. Практикум з авіаційної метеорології: Навчальний посібник. – Одеса: Вид-во «Екологія», 2006. 217 с.