

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ХМАРНОСТІ В МЕЖАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ
УКРАЇНИ У 2010 – 2021 РР.

ШИФР: «Атлас хмар»

Анотація

Під впливом процесів кліматичних змін міняється динаміка окремих метеорологічних явищ в межах України та Волині. Хмарність неба – одне з таких явищ, зміни в динаміці хмарності протягом останніх десятиліть в Україні вивчені поки-що недостатньо. Це визначає *актуальність* даного дослідження, присвяченого аналізу показників хмарності неба у Волинської області протягом 2010-2021 рр. за даними шести метеорологічних станцій області.

Мета: дослідження регіональних проявів змін в динаміці хмарності, що виникають в контексті глобальних змін клімату, в межах Волинської області.

Завдання роботи: 1) проаналізувати сучасні погляди на утворення та динаміку хмар; 2) дослідити зміни в динаміці хмарності в межах Волинської області на основі аналізу архівних матеріалів шести метеорологічних станцій: Луцьк, Ковель, Володимир, Світязь, Маневичі, Любешів за період 2010-2021 рр; 3) провести власні спостереження за хмарністю та розробку Атласу хмар; 4) здійснити порівняння динаміки температури нижньої межі хмар різних родів в місті Луцьку та на прилеглий приміській території протягом року.

Основні результати: Було встановлено, що протягом 2010-2021 рр. середня річна та місячна загальна хмарність неба на даній території зменшилася у порівнянні з кліматичною нормою. Зменшення становило від 0,3 до 1,1 бали. Висота нижньої межі хмар виросла на 50 – 100 м. Інструментальні дослідження показали, що температура нижньої межі хмар над м. Луцьком вища, ніж на приміській території, це перевищення може складати від $0,1^{\circ}$ до $7,0^{\circ}\text{C}$, середнє значення перевищення температури нижньої межі хмар над містом становить $1,5^{\circ}$ – $2,5^{\circ}\text{C}$, що є проявом впливу великого міста як міського острова тепла.

Структура роботи: робота складається з 3 розділів, Переліку умовних скорочень, Вступу, Висновків, Списку використаних джерел (31 джерело) і Додатків. Обсяг роботи – 21 стор. (без списку джерел і додатків). Робота та Додатки до неї містять 32 рисунки, 6 таблиць, 61 фото, розроблених авторкою.

***Ключові слова:* хмарність неба, хмара, висота нижньої межі хмари, температура нижньої межі хмари, Волинська область.**

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ХМАРНОСТІ НЕБА.....	7
1.1. Хмари, їх утворення, будова та класифікація.....	7
1.2. Короткий огляд дослідження питання в науковій літературі.....	10
Висновки до розділу 1	10
РОЗДІЛ 2. ДИНАМІКА ХМАРНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПРОТЯГОМ 2010-2021 рр.....	11
2.1. Методика проведення дослідження.....	11
2.2. Аналіз динаміки хмарності неба на території Волинської області протягом 2010-2021 рр.....	12
2.3. Аналіз динаміки хмарності по окремих метеостанціях.....	14
2.4. Картографічне представлення одержаних результатів.....	14
Висновки до розділу 2	15
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НИЖНЬОЇ МЕЖІ ХМАР НАД ЛУЦЬКОМ ТА НА ПРИМІСЬКІЙ ТЕРИТОРІЇ У 2021 р.....	16
3.1. Методика вимірювання температури нижньої межі хмар.....	16
3.2. Результати проведеного аналізу температури нижньої межі хмар над Луцьком.....	17
Висновки до розділу 3	19
ВИСНОВКИ.....	20
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	21
ДОДАТКИ.....	24

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- X – хмарність неба
- ЗХ – загальна хмарність
- НХ – нижня хмарність
- б – бал (хмарності)
- Сі – перисті хмари
- Сs – перисто-шаруваті хмари
- Сс – перисто-купчасті хмари
- Ас – висококупчасті хмари
- Аs – високошаруваті хмари
- St – шаруваті хмари
- Ns – шарувато-дощові хмари
- Sc – шарувато-купчасті хмари
- Сu – купчасті хмари
- Сb – купчасто-дощові хмари

ВСТУП

Актуальність теми. Під впливом змін клімату в останні десятиліття, змінюється динаміка окремих метеоявищ та їх характеристики. Одним з таких явищ є хмарність неба. На відміну від температури повітря чи опадів, динаміка хмарності в Україні у XXI ст. вивчалась мало. Це визначило актуальність оцінки зміни хмарності для території Волинської області.

Хмарність неба – це важлива метеорологічна характеристика, з нею пов'язаний режим опадів та зволоження. Часто ми в цілому характеризуємо погоду словами «ясно» або «хмарно». Це обумовило **мету роботи:** дослідження змін в динаміці показників хмарності в межах Волинської області в контексті регіональних проявів змін клімату України у XXI ст. **Завдання роботи:** 1) проаналізувати сучасні погляди на утворення та динаміку хмар; 2) дослідити зміни в ході хмарності в межах Волинської області на основі аналізу архівних матеріалів шести метеорологічних станцій: Луцьк, Ковель, Володимир (до 2021 р. – Володимир-Волинський), Світязь, Маневичі, Любешів за період 2010-2021 рр; 3) провести власні спостереження за хмарністю, розробку і наповнення Атласу хмар; 4) виконати інструментальне порівняння динаміки температури нижньої межі хмар в місті Луцьку та на прилеглій приміській території протягом року. **Об'єктом дослідження** є хмари, їх види та хмарний покрив, а **предметом** – зміни у місячній, сезонній та річній динаміці хмарності у Волинській області у 2010 – 2021 рр. **Методи дослідження.** У роботі використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи. Серед загальнонаукових використано аналітичний, порівняльно-оціночний, математично-статистичний (при обробці архівів погоди та одержаних результатів спостережень). Спеціальні методи дослідження: інструментальний метод, метод візуального спостереження, методи ІКТ, картографічний метод.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше зроблено спробу дослідження динаміки хмарності в межах Волинської області в наш час, що є дуже важливим для оцінки змін клімату, а також режиму опадів та зволоження.

Практична значущість дослідження. Результати дослідження можуть бути використані для створення онлайн-атласу хмар, за допомогою якого учні,

студенти, викладачі та всі зацікавлені зможуть визначати тип хмар на небі, ознайомитися з характеристиками хмар та їх класифікацією.

Апробація. Робота доповідалась на ряді всеукраїнських та міжнародних конференцій, додається довідка впровадження результатів. Було опубліковано 6 наукових праць, у тому числі стаття у збірнику міжнародної конференції, проіндексованому у **НМБД Scopus** та стаття у **фаховому журналі категорії Б:**

1. «Атлас хмар». Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Source: Conference Proceedings, International Scientific Conference. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers, 15-18 Nov 2022, Volume 2022. UPL: <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-125.pdf>

DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125> (індексація у НМБД Scopus)

2. «Атлас хмар». Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010-2021 рр. *Український журнал природничих наук*. Житомир: № 4, 2023. С. 86 – 95. UPL: <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40>

DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.10> (Фаховий журнал категорії Б)

3. «Атлас хмар». Аналіз динаміки хмарності протягом 2010-2016 рр. в м. Луцьку в контексті глобального потепління. *Сучасні аспекти ресурсозбереження*. Тези III фак. студ. наук. конф. Луцьк: ЛНТУ, 2019. С. 8-10.

4. «Атлас хмар». Нові види метеорологічних явищ, внесені до Міжнародної класифікації ВМО, та їх спостереження в Україні. *Юний науковець року - 2019*. Тези науково-практичної конференції слухачів ВО МАН, 2019. Луцьк: 2019. С. 28-29.

5. «Атлас хмар». Динаміка хмарності в Луцьку у XXI ст. та її вплив на геліоенергетичний потенціал. *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI ст.* Матеріали XXIII Міжнародної науково - практичної конференції, 19-20 травня 2022 р. К. : КПІ імені Ігоря Сікорського. Інтерсервіс. 2022. С. 305 – 307.

6. «Атлас хмар». Дослідження динаміки хмарності у Луцьку в контексті глобальних змін клімату. *Географічна освіта і наука: виклики і поступ*: мат. міжнар. наук.-прак. конф., присвяченої 140-річчю географії у Львівському університеті (м. Львів, 18–20.05.2023р.) / від. ред: В.Біланюк, Є.Іванов. У 3-ох т. Л.: Простір-М, 2023. Т.2. С. 67-71.

Структуру роботи складають анотація, вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел, додатки. Загальний обсяг роботи – 21 сторінки (без списку використаних джерел і додатків).

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ХМАРНОСТІ НЕБА

1.1. Хмари, їх утворення, будова та класифікація

Хмара – це видиме скупчення краплин води або кристаликів льоду в атмосфері, на деякій висоті над поверхнею Землі. Для утворення хмар необхідна присутність ядер конденсації. Хмари утворюються, коли вологе повітря охолоджується до температури насичення і відбувається конденсація крапель води або кристаликів льоду. Передумовою утворення хмари є конвекція – піднімання нагрітих мас повітря до зони низьких температур, де водяна пара, що міститься в них, може конденсуватися [2,3,4,11].

Процес утворення хмар складається з трьох основних етапів: піднімання повітря, його охолодження й конденсації водяної пари на ядрах конденсації.

Піднімаючись і охолоджуючись, повітря досягає рівня температури точки роси. Він називається рівнем конденсації. Вище, при наявності ядер конденсації, починається утворення крапельок, формуються хмари. Відомо, що чим нижча температура повітря, тим менше в ньому водяної пари. Тому, якщо при піднятті повітря сильно охолоне, в ньому буде надлишок водяної пари, яка перетвориться в дрібні краплі води. Якщо їх число сягне 200-500 в 1 см³, вони стануть видимими – на небі з'явиться хмара [11,16,23].

Ступінь покриття небосхилу хмарами називають хмарністю. Хмарність визначається в балах від 1 до 10: відповідно, 10 балів – все небо (100%) вкрите хмарами. Окремо оцінюють загальну хмарність і хмарність нижнього ярусу. Хмарність – один з найважливіших елементів погоди. При загальному описі погоди часто зазначають лише хмарність (похмуро, ясно і т. ін.) або стан опадів, які безпосередньо пов'язані з хмарами (сухо, дощ, морось, тощо) [23].

В таблиці 1.1. представлено найпоширеніші класифікації хмар за їх умовами утворення (генезисом) та зовнішнім виглядом (морфологією).

Ще в кінці XIX ст. були спроби класифікувати хмари. На сьогодні широко використовується морфологічна (за зовнішнім виглядом) міжнародна класифікація хмар. *Міжнародна класифікація хмар* – це їх поділ на роди, види,

різновиди за висотою нижньої основи, морфологією (зовнішнім виглядом) і походженням. Всі хмари мають відповідні латинські найменування [11,16].

Таблиця 1.1. Класифікація хмар по умовах утворення та зовнішньому вигляду (морфології), за [19,23]

Тип	Рід
Конвективні хмари	Купчасті (Cumulus, Cu) Купчасто-дощові (Cumulonimbus, Cb)
Хвилясті хмари	Перисто-купчасті (Cirrocumulus, Cc) Високо-купчасті (Alto cumulus, Ac) Шарувато-купчасті (Stratocumulus, Sc)
Хмари висхідного ковзання	Перисті (Cirrus, Ci) Перисто-шаруваті (Cirrostratus, Cs) Високошаруваті (Altostratus, As) Шарувато-дощові (Nimbostratus, Ns)
Хмари турбулентного перемішування	Шаруваті (Stratus, St)

В Україні застосовуються також українські назви хмар. Хмари верхнього ярусу в основному складаються з кристалів льоду, тому що вони розташовуються в помірних широтах вище 5 км, у полярних – вище 3 км, у тропічних до вище 6 км. Хмари верхнього ярусу – тонкі і білі за зовнішнім виглядом. Хмари середнього ярусу – на висотах 2-7 км для помірних широт, 2-4 км – для полярних і 2-8 км – для тропічних. Вони переважно складаються з крапельок води, однак можуть містити і кристалики льоду. Хмари нижнього ярусу складаються з крапельок води, розміщені на висотах нижче 2 км. Однак, коли температура досить низька, вони можуть містити лід і сніг [2,3,16,23].

Окремо виділяють хмари вертикального розвитку з основою на рівні нижнього ярусу і високими вершинами (іноді до 14 км і вище). Це – купчасті хмари. Їх викликає температурна або фронтальна конвекція повітря, вони можуть рости до висоти 12 км [16,23].

У 2017 р. Атлас хмар ВМО (Всесвітньої метеорологічної організації) поповнився 11 новими видами хмар завдяки громадській організації – Товариству любителів хмар (Cloud Appreciation Society, нараховує понад 50 тисяч ентузіастів із 110 країн). Серед виділених нових різновидів хмар: *volutus*,

asperitas, flumen, hole-punch cloud, fluctus, flammagenitus, homogenitus, silvagenitus та ін. [12,27].

На протязі 2018 – 2023 рр. нами у Луцьку та на приміській території було сфотографовано ряд хмар (вименеподібні, трубчасті, лінзоподібні, лентикулярні), які входять до переліку нових різновидів (див. Додаток В). Це свідчить про те, що Україну та Волинь теж не оминули процеси зміни динаміки та морфології хмарності неба в контексті глобальних змін клімату [24].

1.2. Короткий огляд дослідження питання в науковій літературі

Хмари цікавили людину здавна. Гевін Претор-Пінней, засновник Американського товариства аматорів вивчення хмар, стверджує, що дивлячись на небо, людина може уявити себе на дні розбурханого океану, а хмари – його хвилі [27]. Одним з перших дослідників хмар був Ж. Б. Ламарк, французький натураліст. Він запропонував класифікувати хмари за 5-ма типами і трьома ярусами. Л. Говард у 1882 р. запропонував класифікацію, що описувала три типи хмар: шаруваті, перисті, купчасті [2,3,16]. Серед метеорологів, фізиків, географів, які вивчали хмарний покрив, варто назвати праці Вільсона, Ассмана, Обермайєра, Будде, Стокса, Максвелла, О.І.Воейкова, Р.І.Грабовського, В.М.Оболенського, М.С.Шишкіна (вивчено за [2,8,11,16,23,26]).

Хмарний покрив над Україною, умови утворення хмарності, механізми їх розвитку та можливості активного впливу людини на хмари аналізували такі українські вчені, як Г.Ф. Прихотько, М.В. Буйков, В.М. Мучник, О.М. Грушевський О.М., Н.М. Міщенко, В.І. Затула, С.І. Сніжко, Я. Кихтенко, Р. Олійник, О.Г. Савельєв, М.М. Талерко, Т.М. Заболоцька, Т.М. Шпиталь, К.В. Чернова, О.Н.Сухінський, М.М. Пірнач, М.В. Сирота, О.А. Кривобок, І.М. Нетробчук, В.В. Горбач та багато інших [2,4,5,6,7,10,13,14,17,19,20,26].

Зокрема, у роботах Н.М. Міщенко, А.Є. Ламанової, К.В. Чернової, С.М. Решетченко, Т.М. Заболоцької, Т.М. Шпиталь, В.І. Затули, Я.О. Крихтенко, Р.П. Олійник, С.І. Сніжка, В.Є.Бориса, О.В. Корінної та інших авторів проведено оцінку особливостей режиму хмарності для окремих регіонів та міст України в контексті змін клімату [4,5,6,7,10,13,17,18,24,26]. Атласи хмар були

розроблені Савельєвим О.Г., Нетробчук І.М., Горбач В.В. [14,19]. Аналіз динаміки хмарності неба проводився також дослідниками в суміжних з Україною східноєвропейських країнах, варто, зокрема, назвати праці Matuszko, Szyga-Pluta, Bartoszek, Soroka, Taylor, Meirink, Teuling [28,29,30].

Дослідження режиму хмарності, вологості та атмосферних опадів для м. Луцька та території Волинської області здійснювали у своїх працях Бабіченко В.М., Зузук Ф.В., Сусідко М.Н., Щербань І.М., Нетробчук І. М., Горбач В. В. Половко І.К., В.М. Пищолка, Ф.П. Тарасюк, Н.А. Тарасюк, В.В. Федонюк та інші автори [9,14,21,22,24,25,31]. Проте переважна більшість вказаних досліджень проводилася наприкінці минулого, ХХ ст., а актуальне вивчення динаміки хмарності у ХХІ ст. в контексті змін клімату для Волинського регіону практично не здійснювалося, саме тому авторка обрала дану тему для дослідження та розпочала аналіз хмарності для території Волині [24,31].

Висновки до розділу 1: отже, хмарність неба – це цікава та важлива для вивчення метеорологічна характеристика, яка тісно пов'язана з іншими явищами та характеристиками погодно-кліматичного режиму (зокрема, вітровим режимом, режимом опадів, зволоження та ін.). Хмарність неба та її зміни в ХХІ ст. для території Волинської області та Північно-Західного регіону України досліджувалися недостатньо і потребують поглибленого вивчення в контексті кліматичних змін та їх регіональних проявів.

РОЗДІЛ 2

ДИНАМІКА ХМАРНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПРОТЯГОМ 2010-2021 рр.

Дослідження динаміки хмарності в межах Волинської області проводилося за даними шести метеостанцій: Луцьк, Володимир (до 2021 р. – Володимир-Волинський), Ковель, Світязь, Маневичі, Любешів, було проаналізовано архівні дані Волинського обласного центру з гідрометеорології за період 2010-2021 рр. [1]. Проводилися також власні інструментальні вимірювання температури нижньої межі хмар протягом кожного останнього тижня 12 місяців 2021 р. (за винятком безхмарних днів) одночасно в двох точках: район вул. Гордіюк (місто) та район с. Полонка (приміська територія).

2.1. Методика проведення дослідження

За допомогою статистичних методів аналізу архівної метеорологічної інформації було визначено: 1) середню місячну та середню річну хмарність неба за кожен рік періоду 2010-2021 рр. та по кожній станції (у балах); 2) середню місячну та середню річну хмарність неба для території Волинської області в цілому (у балах) – як осереднений показник за даними 6 станцій; 3) середню місячну та річну висоту нижньої межі хмар для кожної станції (у м). 4) середню місячну та річну висоту нижньої межі хмар для території Волинської області (у м) в цілому – як осереднений показник за даними 6 станцій.

Показники для всієї території Волинської області визначалися як середнє арифметичне по шести метеостанціях. Всі показники порівнювалися з даними кліматичної норми, як для окремих метеостанцій, так і для області в цілому. За кліматичну норму бралися встановлені її значення для періоду 1961 – 1990 рр.

Результати первинної статистичної обробки даних архівної метеоінформації наводяться в *Додатку Б*.

Після статистичної обробки архівної метеорологічної інформації щодо ходу хмарності у 2010-2021 рр. було складено зведені таблиці, побудовано графіки та діаграми, які ми проаналізуємо в наступних параграфах.

2.2. Аналіз динаміки хмарності неба на території Волинської області протягом 2010-2021 рр.

Основні результати проведеного аналізу (зведені таблиці показників, графіки, діаграми) представлені в *Додатку А*. На рис. 2.1 – 2.3 подано результуючі діаграми, які показують зміну протягом 2010-2021 рр. в межах Волинської області середньої річної хмарності неба (рис. 2.1), середньої місячної хмарності неба (рис. 2.2) та висоти нижньої межі хмар (рис. 2.3).

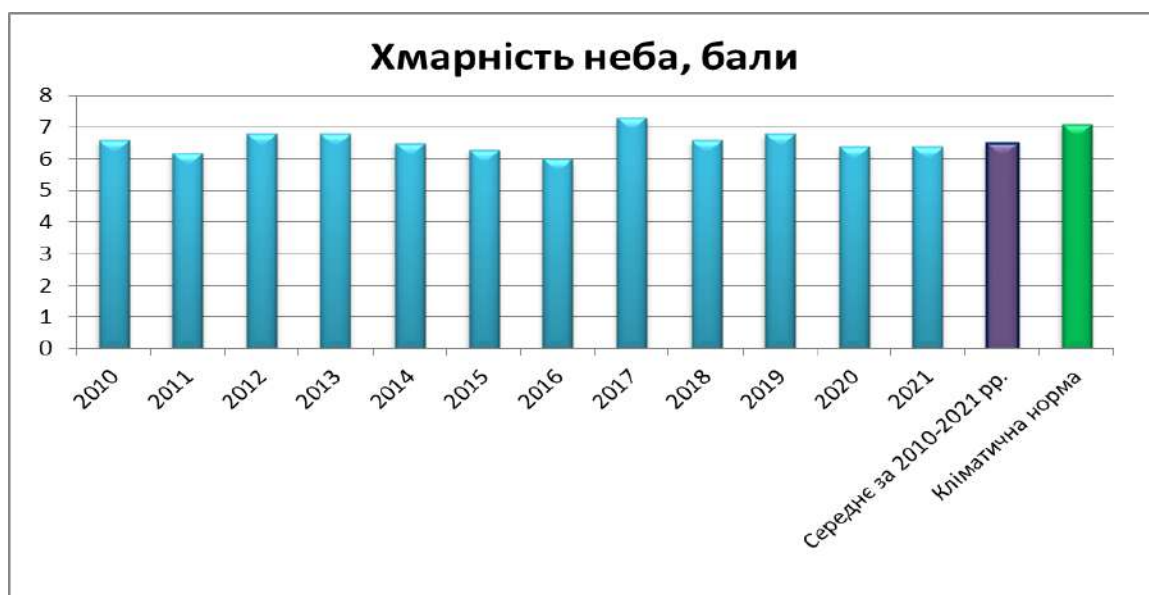


Рис. 2.1. Середня річна хмарність неба в межах Волинської області, бали

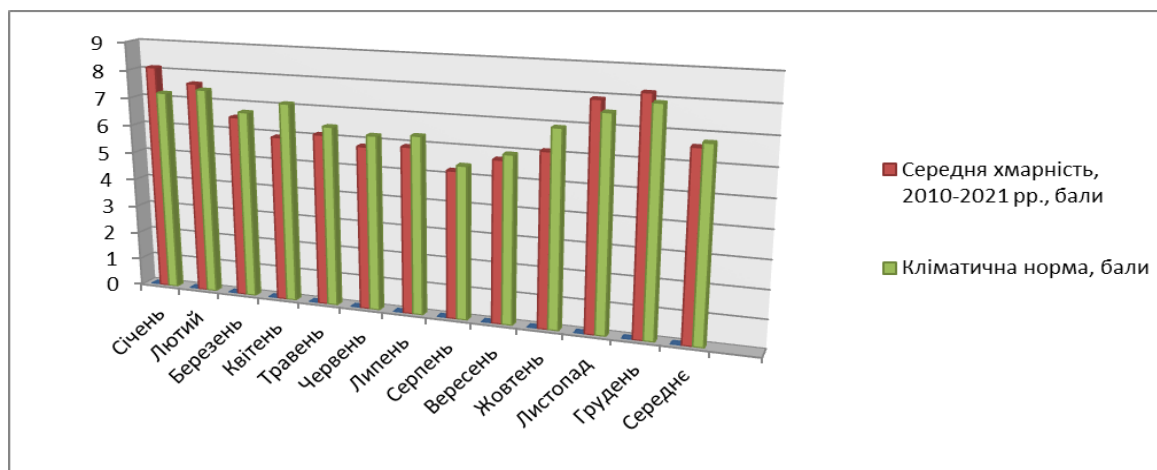


Рис. 2.2. Динаміка хмарності по місяцях року протягом 2010-2021 рр. в межах Волинської області.

Розраховано також середні показники за весь період 2010-2021 р., проведено порівняння з показниками кліматичної норми.

Як показує аналіз даних таблиці А.1 (*Додаток А*) та діаграми на рис. 2.1, у всі роки, крім 2017 р., середня річна хмарність неба в межах Волинської

області була нижчою від кліматичної норми на 0,3 – 1,1 бали. Найнижчою загальна хмарність була у 2016 р. (6,0 бали), найвищою – у 2017 р. (7,3 бали).



Рис. 2.3. Середня річна висота нижньої межі хмарності в межах Волинської області, метри

Розраховано також середні показники за весь період 2010-2021 р., проведено порівняння з показниками кліматичної норми.

Середні місячні значення хмарності в області були нижчими від норми з березня по жовтень (теплий період року). У період листопада – лютого хмарність була дещо вищою від норми (див. рис. 2.2 та табл. А.2 в Додатку А).

Висота нижньої межі хмар має тенденцію до зростання (див. рис. 2.3 та дані табл. А.3 в Додатку А). Середнє значення даного показника за досліджуваний період становило 1235 м при нормі 1200 м. Найнижчою висота нижньої межі хмар спостерігалася в 2011 – 2012 рр. (1165 – 1180 м), а найвищою вона була у 2017 – 2019 рр. (1275 – 1280 м). Проте, в цілому, цей показник є досить мінливим у різні місяці та роки.

Таким чином, було отримано підтвердження виявлених у наших попередніх дослідженнях для м. Луцька [31] тенденцій до зниження загальної хмарності неба в регіоні у XXI ст. та поступового підвищення висоти утворення хмар. Припускаємо, що це пов'язано з процесами підвищення температур повітря, і, як наслідок, зростанням висоти рівня конвекції та зменшенням місцевої хмарності, яка переважно формується у теплий період року.

2.3. Аналіз динаміки хмарності по окремих метеостанціях

Для шести метеостанцій Волинської області (Луцьк, Володимир, Ковель, Світязь, Маневичі та Любешів) було проведено статистичне визначення середніх місячних та річних показників загальної хмарності неба і висоти нижньої межі хмар за період 2010 – 2021 рр. на основі аналізу архівної інформації за методикою, описаною на початку розділу. Повні результати такого аналізу наводяться в таблицях, на графіках і діаграмах у *Додатках А і Б*.

Зниження загальної хмарності показав аналіз даних всіх 6 метеостанцій. Найбільшим це зниження було для ст. Луцьк (0,8 бали), а найменшим – для ст. Ковель (0,1 бал). У різні роки середня річна хмарність коливалася від 3,9 бали (Маневичі, 2016 р.), 4,6 бали (Луцьк, 2016 р.) до 7,8 балів (Світязь, 2017 р.).

Найменшою середня річна хмарність неба протягом періоду 2010 - 2021 рр. була в Луцьку (5,9 балів), найвищою – в Ковелі (7,1 бал). По місяцях року на 6 станціях прослідковуються ті ж тенденції, що виявлені для всієї Волинської області (помітне зниження хмарності в теплий період та показники, близькі до норми або вищі за неї для зимових місяців). Найменші середні значення загальної хмарності виявлені для Луцька, а найбільші – для станцій Ковель та Світязь. Проте на окремих станціях річний хід хмарності може мати свої особливості. Так, на ст. Ковель спостерігалися показники, вищі від кліматичної норми практично протягом всього року. А на ст. Луцьк, навпаки, протягом всіх місяців року, крім січня, хмарність була нижчою від норми.

За показником середньої річної висоти нижньої межі хмар ст. Луцьк має найбільші значення (до 1300 м при нормі 1200 м), а найнижчою висота нижньої межі хмар спостерігається для ст. Любешів – 1191 м (при нормі 1200 м). Зростання показника середньої висоти нижньої межі хмар мають всі станції, крім Любешова. Припускаємо, це пов'язано з його північним розташуванням.

2.4. Картографічне представлення одержаних результатів

На основі отриманих результатів у програмі *Surfer* було збудовано картограми розподілу загальної хмарності неба для території Волинської області для досліджуваного періоду 2010 – 2021 рр. На рис. представлено

збудовані картограми, які показують як розподіл загальної хмарності над територією області за даними показників кліматичної норми для 6 метеостанцій, так і сучасний розподіл, за одержаними результатами для періоду 2010 – 2021 рр. по цих же метеостанціях.

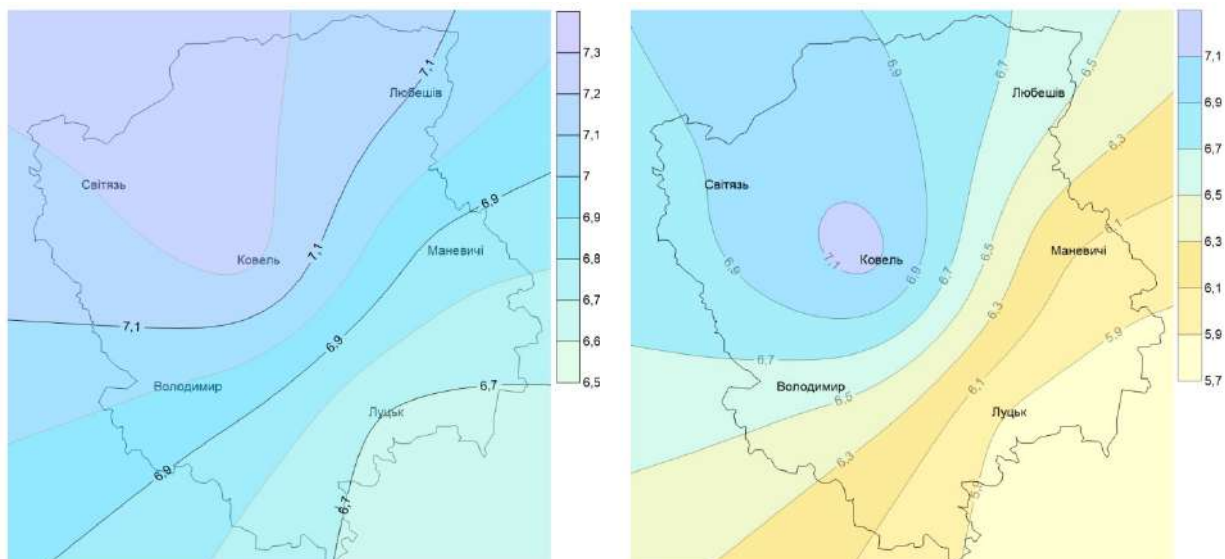


Рис. 2.4. Картосхеми просторового розподілу хмарності за досліджувані періоди (зліва – картограма, збудована за даними кліматичної норми, справа – картограма, збудована за показниками досліджуваного періоду 2010-2021рр).

Візуальна оцінка представлених картограм географічного розподілу в межах Волинської області середніх річних значень загальної хмарності неба показує збереження тенденції, яку фіксували дослідники у ХХ ст. [9], щодо зменшення хмарності неба з північного заходу на південний схід. Проте абсолютні значення загальної хмарності знизилися для усієї території дослідження у 2010 – 2021 рр. Встановлено, що таке зниження коливається у межах від 0,1 – 0,3 бала у північно-західних районах до 0,7 – 1,1 бали у південно-східних районах Волинської області України.

Висновки до розділу 2: при порівнянні динаміки хмарності за період 2010-2021 рр. для території Волинської області було виявлено: зменшення середньої річної та місячної загальної хмарності неба на 0,3 – 1,1 бали; зростання висоти нижньої межі хмар на 50-100 м; найвищу динаміку таких відхилень від кліматичної норми демонструють ст. Луцька та ст. Світязь.

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НИЖНЬОЇ МЕЖІ ХМАР НАД
ЛУЦЬКОМ ТА НА ПРИМІСЬКІЙ ТЕРИТОРІЇ У 2021 р.

1.1. Методика вимірювання температури нижньої межі хмар

У 2021 р. автором разом з науковим керівником було проведено інструментальні вимірювання температурних показників нижньої межі хмар у м. Луцьку. Вимірювання здійснювалися в дні з різними метеоумовами та погодно-кліматичними характеристиками, кожного останнього тижня місяця. Виміри проводилися за допомогою пірометра (безконтактного інфрачервоного термометра) ANENG GM550 INFRARED THERMOMETER (діапазон виміру температур даним приладом складає від -50°C до $+550^{\circ}\text{C}$).

Методика вимірювання: пірометр у витягнутій руці розміщується горизонтально, промінь лазера спрямовується вгору, перпендикулярно до земної поверхні і хмар. Проводиться 3 виміри температури хмари в одній точці через інтервали 5-10 сек, результати трьох вимірювань осереднюємо (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Виміри пірометром ANENG GM550 INFRARED THERMOMETER

Пірометр даної моделі вимірює середню температуру кола, діаметр якого у 12 разів менший від відстані до об'єкту вимірювання. Тобто, наприклад, якщо

висота нижньої межі хмари 1200 м, то діаметр вимірюваного кола буде складати 100 м. Таким чином, вимірювання температури ми проводили фактично не точково, а для деякої ділянки нижньої частини хмари.

Вимірювання проводилися одночасно в двох точках (околиця міста, район с. Полонка – точка № 1, та центральні райони міста, район вул. Гордіюк – точка № 2) двома ідентичними приладами, показники яких попередньо порівнювалися для виявлення похибки (вона не перевищувала $0,1^{\circ}\text{C}$). Це дозволило порівняти температуру нижньої межі хмар над містом і поза містом та відслідкувати вплив міста як «острова тепла» на динаміку та характеристики хмарності. Точки, в яких проводилося одночасне вимірювання температури, розташовані таким чином, що напрям між ними співпадає з основною віссю переміщення повітряних мас над Луцьком (південний захід – північний схід).

Тобто, логічно припустити, що хмари в переважній більшості випадків теж рухаються по такій осі. Таким чином, на основі проведених вимірювань ми можемо прослідкувати, як в динаміці змінюється температура нижньої межі хмарних систем, що переміщуються над Луцьком.

3.2. Результати проведеного аналізу температури нижньої межі хмар над Луцьком

У *Додатку А*, в таблиці А.4 наведено результати визначення температурних показників нижньої межі хмар, які вимірювалися на протязі 48 днів 2021 р. в різні місяці та сезони року. На рис. А.18 – А.27 у *Додатку А* представлено порівняльні графіки зміни температури нижньої межі для 10 основних родів хмар в місті Луцьку та на приміській території.

На рис. 3.1 представлено сумарний графік динаміки температури нижньої межі хмар на протязі 2021 р. у м. Луцьку та на приміській території.

Як показує аналіз даних таблиці А.4 та графіків, різниця в температурі, виміряній одночасно в місті та за містом, спостерігалася завжди. У переважній більшості випадків (41 із 48 проведених вимірів) нижчою була температура хмар за містом. Над містом нижня межа хмари мала вищу температуру. Різниця температур складала від $0,1^{\circ}\text{C}$ до $7,0^{\circ}\text{C}$. Найбільшою ця різниця була для хмар

вертикального розвитку та хмар високого ярусу (Cb, Cc, Ci), з високою нижньою межею та від'ємною температурою, а найменшою різниця t^0 була для хмар нижнього ярусу (St, Ns), з низькою межею та додатньою температурою.



Рис. 3.1. Річна динаміка температури нижньої межі хмар в м. Луцьку та на приміській території на протязі 2021 р.

Як показує аналіз графіка, представленого на рис. 3.1, на протязі року найбільшими контрастами температури нижньої межі хмар характеризуються зимовий та літній сезони року. Так, зокрема, максимальна різниця температури (7^0C) спостерігалася влітку, в липні, для купчасто-дощових хмар. У перехідні сезони (весна, осінь) різниця температур хмар є суттєво меншою.

Річна амплітуда температури нижньої межі хмар становила $48,6^0\text{C}$ за містом та $50,4^0\text{C}$ в місті. Максимальні значення температури нижньої межі хмар спостерігалися наприкінці липня (до $+18^0\text{C}$ – $+16^0\text{C}$, хмари Cb), а мінімальні – в кінці грудня (до -30^0C - -33^0C , хмари Ci, Cs).

Ми побудували окремі графіки температури нижньої межі хмар для всіх 10 основних родів хмар (рис. А.18 – А.27 у Додатку А), вибравши дні, в які вони спостерігалися. Для перисто-купчастих та перисто-шаруватих хмар збудовано спільний графік, оскільки невеликою була кількість випадків вимірювання температури нижньої межі саме цих родів хмар.

Аналіз графіків на рис. А.18 – А.27 дозволяє відмітити, що найбільші контрасти температури нижньої межі хмари спостерігаються для всіх різновидів купчастих хмар (купчасті, купчасто-дощові, шарувато-купчасті). Сезонну динаміку в різниці температур можна прослідкувати для тих родів хмар, виміри температури нижньої межі для яких проводилися регулярно у всі сезони, на потязі значного числа днів (наприклад, купчасті хмари). Річна динаміка для окремих родів хмар у цьому випадку збігається з описаною вище динамікою температури нижньої межі хмар в цілому.

Варто відмітити, що на протязі року днями з найбільшим контрастом температури нижньої межі хмар за містом і над містом є безвітряні дні (штильова погода). Отже, на основі визначення різниці температур нижньої межі хмар в місті і за містом можна відмітити, що місто Луцьк як острів тепла дійсно досить суттєво впливає на температуру нижнього шару хмарності. Найсуттєвішим цей вплив є тоді, коли різні типи діяльних поверхонь у місті максимально прогріваються, тобто влітку.

Висновки до розділу 3: отже, проведені дослідження такого фізичного параметру хмарності, як температура нижньої межі хмар, дозволяють зробити висновок про те, що температури нижньої межі хмарності вища безпосередньо над містом в порівнянні з приміською зоною, перевищення на протязі року може складати $0,1^{\circ} - 7^{\circ}\text{C}$. Величина цієї різниці температур залежить від роду хмар, пори року, напрямку і сили вітру. Найбільшою вона є для періодів з штильовою погодою. Це підтверджує вплив міста як великого «острова тепла» на динаміку та переміщення хмарних систем, проте особливості такого впливу варто буде проаналізувати детальніше в майбутніх дослідженнях.

ВИСНОВКИ

Отже, після проведеного статистичного аналізу показників хмарності за період 2010 - 2021 рр. для території Волинської області та інструментальних вимірів температури нижньої межі хмар у Луцьку і за містом можна відмітити:

1. Статистичні та графічні дослідження основних показників хмарності неба за період 2010-2021 рр. показали, що середня річна загальна хмарність в межах Волинської області зменшилася на 0,3 – 1,1 бали. Найбільшим це зменшення є для Луцька, найменшим – для Ковеля. Висота нижньої межі хмар, навпаки, зростає. Найбільшим це зростання є в Луцьку (майже до 1300 м).

2. Середні місячні значення хмарності в області були нижчими від норми з березня по жовтень (теплий період року). У період листопада – лютого показник хмарності був дещо вищим від норми. Відхилення середньої місячної хмарності від показника кліматичної норми змінювалися в окремі місяці року в межах від + 10 % до – 35 %. Найменшою хмарність у всі місяці була в Луцьку.

3. Найменшою середня річна хмарність у 2010 - 2021 рр. була в Луцьку (5,9 балів), найвищою – в Ковелі (7,1 бал). За місяцями року на 6 станціях і в межах області в цілому спостерігається зниження хмарності в теплий період. Узимку хмарність близька до кліматичної норми або вища.

4. Виявлено відмінності в температурі нижньої межі хмар над Луцьком та на приміській території (с. Полонка). Температура нижньої межі хмар була вищою над містом у 85 % випадків, перевищення становило $0,1^{\circ} - 7^{\circ}\text{C}$. Величина цієї різниці температур залежить від роду хмар, пори року, напрямку і сили вітру. Найбільшою вона є для періодів з штильовою погодою, влітку і взимку, для купчастих, купчасто-дощових, перистих, висококупчастих хмар.

5. Виявлені зміни у ході показників хмарності неба в межах Волинської області, на нашу думку, пов'язані із регіональними проявами глобальних змін клімату, які проявляються у загальному зростанні температури і підвищенні висоти рівня конденсації водяної пари, та, відповідно, висоти утворення хмар. Припускаємо, що зменшення показників річної хмарності в теплий період пов'язане з скороченням формування місцевих внутрішньомасових хмар через підвищення висоти рівня конденсації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Архів метеорологічної інформації Волинського обласного центру з гідрометеорології. Архівні дані за 2010 – 2021 рр., ст. Луцьк, Володимир (до 2022 р. – Володимир-Волинський), Маневичі, Світязь, Ковель, Любешів.
2. Врублевська О.О., Гончарова Л.Д., Катеруша Г.П. Кліматологія [Текст]: підручник / [під ред. Є.П. Школьного]. Одеса: Екологія, 2015. 346 с.
3. Гончаренко С.У. Фізика атмосфери для допитливих. Київ: Техніка, 1981. 241 с.
4. Грушевський О.М., Міщенко Н.М. Прогноз низької хмарності і туманів: навчальний посібник. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. 128 с.
5. Заболоцька Т.М., Шпиталь Т.М. Кліматичні зміни повторюваності ясного й похмурого стану неба за загальною та нижньою хмарністю. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2013, 265: С. 7-14.
6. Затула В.І. Врахування режиму хмарності при оцінці природної освітленості земної поверхні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2013. Т.30, Вип. 3. С. 105 – 111.
7. Затула В., Кихтенко Я., Олійник Р., Сніжко С. Статистичний аналіз параметрів прозорості та хмарності атмосфери на півдні України. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*, 2021. № 55. С. 159-173. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-12> (дата звернення: 05.09.2023).
8. Клімат України: монографія / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
9. Клімат Луцка / Под ред. Бабіченко В.Н., Зузука Ф.В. Л.: Гідрометеоиздат, 1988. 180 с.
10. Корінна О.В., Борис В.Є. Аналіз повторюваності складних метеорологічних умов у межах Львівської області за 2014-2018 роки. *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка*

операторів складних систем. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції, 20 грудня 2019 р. Кропивницький, 2019. С.110 – 112.

11. Метеорологія і кліматологія. Підручник / Під редакцією д.ф.-м.н., проф. Степаненка С.М. Одеса: ТЕС, 2010. 534 с.

12. Метеорологи випустили атлас з новими видами хмар. УНІАН – Новини. URL: <https://pogoda.unian.ua/news/1838644-meteorologi-vipustili-atlas-z-novimi-tipami-hmar.html> (дата звернення: 19.12.2023).

13. Міщенко Н.М., Ламанова А.Є. Режим низької хмарності над ст. Івано-Франківськ за останні п'ять років. *Science and technology: problems, prospects and innovations*. In The 1 st International scientific and practical conference (October 19-21,2022). CPN Publis. Group, Osaka, Japan.2022.P.126-127.

14. Нетробчук І. М., Горбач В. В. Атлас хмар: наочний посібник. Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Географічний факультет, Кафедра фіз. географії. Луцьк: Вежа-Друк, 2019. 70 с.

15. Офіційний сайт Держгідрометслужби України [Електронний ресурс]. URL: www.meteo.gov.ua (дата звернення: 04.12.2021).

16. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія / Київ: Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, 2007. 265 с.

17. Решетченко С., Чернова К. Сучасні метеорологічні спостереження для потреб авіації. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2018. № 27. С. 55-63. URL: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2018-27-08> (дата звернення: 12.12.2022).

18. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Моніторинг геліоенергетичних ресурсів України. *Український гідрометеорологічний журнал*. К.: 2017. Вип. 19. С.65-71.

19. Савельєв О. Г. Атлас хмар: Навчал. посібник Запоріжжя, 2015. 20 с.

20. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. К.: Ніка-Центр, 2006. 311 с.

21. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: моногр. / В.О.Фесюк, С.О.Пугач, А.М. Слащук [та ін.]; за ред. В.О. Фесюка. К.: ТОВ «П-во «Ві Ен Ей»»: 2016. 316 с.

22. Тарасюк Ф. П., Тарасюк Н.А. Режим зволоження і хмарності північного сходу Волинського Полісся. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*: наук. зб. Луцьк: Вежа, 2010. № 5. С. 39–46.
23. Тюленєва В., Козій І. Основи метеорології і кліматології. Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2016. 220 с.
24. «Атлас хмар». Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010-2021 рр. *Український журнал природничих наук*. Жит.: № 4, 2023. С. 86 – 95. UPL: <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40>
25. Федонюк В.В., Федонюк М.А., Павлусь А.М. Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу Blitzortung. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса: 2021. № 28. С. 16-28. UPL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02> (дата звернення: 24.09.2023).
26. Чернова К. В. Характеристика основних форм хмарності та їх повторюваності на досліджуваній території. *Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття*: зб. мат. міжн. наук.-пр. конф. Уж.: 2017. Ч. 1. С.165-179.
27. Cloud Appreciation Society (Товариство любителів хмар: офіційний сайт/ UPL: <https://cloudappreciationsociety.org/> (дата звернення: 26.01.2024).
28. Matuszko D., Bartoszek K., Soroka J. Long-term variability of cloud cover in Poland (1971–2020). *Atmospheric Research*, 2022. 268, P. 106028.
29. Szyga-Pluta K. Cloudiness and cloud genera variability at the turn of the 21st century in Poznań (Poland). *Idojaras / Quarterly journal of the hungarism meteorological servise*. 2022. 126 (1). P. 109-125.
30. Teuling A. J., Taylor C. M., Meirink J. F., Melsen L. A., Miralles D. G., ... & de Arellano, J. V. G. Observational evidence for cloud cover enhancement over western European forests. *Nature communications*, 2017. № 8 (1), P.14065.
31. «Атлас хмар». Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Intern. Sc. Conf. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. 15-18 Nov 2022, V.2022. P. 1 – 5. UPL: <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-125.pdf> (дата звернення: 05.02.2023).

ДОДАТКИ

**Результати статистичного та графічного аналізу динаміки хмарності
в межах Волинської області**

Додаток А

Таблиця А.1. Обчислені середні показники загальної хмарності неба за
даними метеостанцій Волинської області (2010-2021 рр.)

Рік	Загальна хмарність неба (бали)						
	Луцьк	Володимир	Ковель	Маневичі	Любешів	Світязь	Волинська область
2010	5,4	6,5	7,4	6,8	6,5	7,0	6,6
2011	5,2	6,5	6,7	6,2	6,1	6,4	6,2
2012	6,4	6,7	7,3	6,7	6,7	7,1	6,8
2013	5,6	6,9	7,4	6,9	6,8	7,3	6,8
2014	5,2	6,5	7,2	6,6	6,3	7,3	6,5
2015	4,7	6,3	7,0	6,0	6,5	7,1	6,3
2016	4,6	6,9	7,3	3,9	6,3	7,0	6,0
2017	7,5	7,1	7,9	6,3	7,3	7,8	7,3
2018	6,8	6,6	7,2	5,7	6,5	6,7	6,6
2019	6,7	6,7	7,3	6,3	6,5	7,0	6,8
2020	5,7	6,5	6,8	6,5	6,6	6,2	6,4
2021	6,5	6,4	6,3	6,0	6,7	6,4	6,4
Середнє за 2010-21рр	5,9	6,6	7,1	6,2	6,6	6,9	6,5
Кліматична норма	6,7	7,0	7,2	6,9	7,1	7,2	7,1

Таблиця А.2. Обчислені середні місячні значення хмарності неба на
метеостанціях Волинської області в період 2010-2021 рр.

Місяць року	Хмарність неба загальна (бали)							
	Володимир	Ковель	Луцьк	Маневичі	Любешів	Світязь	Волинська область, середнє значення	Кліматична норма
Січень	8,1	8,5	7,3	8,1	8,2	8,4	8,1	7,2
Лютий	7,7	8,0	7,0	7,3	7,5	8,0	7,6	7,4
Березень	6,6	7,0	6,0	6,1	6,4	6,8	6,5	6,7
Квітень	6,0	6,7	5,1	5,3	5,7	6,4	5,9	7,1
Травень	6,5	6,9	5,1	5,6	5,8	6,6	6,1	6,4
Червень	6,0	6,8	5,0	5,4	5,6	6,2	5,8	6,2
Липень	6,2	6,9	4,9	5,4	5,5	6,4	5,9	6,3
Серпень	5,5	6,2	4,2	4,8	4,9	5,8	5,2	5,4
Вересень	5,9	6,5	4,7	5,3	5,5	6,5	5,7	5,9
Жовтень	6,0	6,7	5,1	6,1	6,2	6,5	6,1	6,9
Листопад	7,8	8,2	7,3	7,8	7,9	8,2	7,9	7,5
Грудень	8,1	8,4	7,5	8,4	8,2	8,4	8,2	7,9

Таблиця А.3. Обчислені середні показники висоти нижньої межі хмарності за даними метеостанцій Волинської області (2010-2021 рр.)

Рік	Висота нижньої межі хмар (м)						
	Луцьк	Володимир	Ковель	Маневичі	Любешів	Світязь	Волинська область
2010	1250	1175	1235	1310	1225	1275	1245
2011	1265	1070	1170	1250	1130	1100	1165
2012	1255	1045	1300	1120	1020	1335	1180
2013	1180	1150	1200	1295	1260	1240	1220
2014	1260	1200	1100	1215	1270	1295	1225
2015	1350	1230	1130	1300	1190	1190	1230
2016	1255	1170	1120	1240	1270	1380	1240
2017	1295	1280	1320	1200	1200	1350	1275
2018	1370	1300	1260	1335	1175	1260	1285
2019	1420	1360	1220	1190	1180	1290	1280
2020	1310	1300	1280	1180	1120	1280	1245
2021	1295	1270	1150	1165	1255	1240	1230
Середнє за 2010-2021 рр	1292	1213	1207	1233	1191	1269	1235
Кліматична норма (Волинська область)	1200						

Таблиця А.4. Виміряна температура нижньої межі хмар, вимірювання спостереження протягом 2021 р.

№	Дата спостереження	Час спостереження	Точка № 1 (с. Полонка), температура хмари, °С Приміська зона	Точка № 2 (40-ий квартал, вул. Гордіюк), температура хмари, °С Місто	Різниця показників температури, °С	Роди хмар, що спостерігалися	Переважаючий напрям вітру, румб
1	22.03	11.00	- 25,2 °С	- 20,7 °С	4,5	Cu, Ac, Ci	Штиль
2	23.03	11.00	- 4,5 °С	- 1,2 °С	3,3	Cu, Ac	Пд.,Пд.Зх
3	26.03	11.00	- 10,0 °С	- 3,5 °С	6,5	Cu	Штиль
4	27.03	11.00	- 11,5 °С	- 8,5 °С	3,0	Cu, Ac	Пд.Зх.
5	28.03	11.00	+ 0,5 °С	+ 7,2°С	6,7	St, Sc	Штиль
6	30.03	11.00	- 0,1 °С	+ 0,1 °С	0,2	St, Sc	Пн.Сх.
7	31.03	11.00	+ 6,5 °С	+ 7,4 °С	0,9	Cu	Штиль
8	01.04	11.00	-15,0°С	-13,5°С	1,5	Ci	Пд.Сх.,штиль
9	02.04	11.00	+2,3°С	+2,7°С	0,4	St	Пн.,Пн.Зх
10	04.06	21.00	- 2,6 °С	- 1,5 °С	1,1	As	Пн.Зх.,Пн
11	05.06	21.00	+4,7°С	+6,0°С	1,3	St, Sc	Пд.Зх.,Пн
12	06.06	21.00	+5,2°С	+7,3°С	2,1	St	Зх.
13	07.06	21.00	+8,0°С	+12,8°С	4,8	Cb	Пд.Зх.
14	09.06	21.00	+5,6°С	+7,6°С	2,0	Cb	Пд.Зх.
15	10.06	21.00	+7,1°С	+9,2°С	2,1	Cb, Cu	Пн.Зх.
16	11.06	21.00	- 26,8 °С	- 28,0 °С	-1,2	Ci	Зх., Пн.зх.
17	26.07	21.00	+11,2°С	+18,2°С	7,0	Cb	Штиль

18	27.07	21.00	+9,2 ⁰ C	+11,6 ⁰ C	2,4	Cu, Ci	Пн.Зх.,Пн
19	28.07	21.00	+16,9 ⁰ C	+18,8 ⁰ C	1,9	Cb	Зх.
20	31.07	21.00	+12,9 ⁰ C	+13,5 ⁰ C	0,6	Ns	Пд.Зх.
21	24.08	20.00	+10,9 ⁰ C	+14,0 ⁰ C	3,1	Cb	Пд.Сх,штиль
22	25.08	20.00	+5,9 ⁰ C	+9,0 ⁰ C	3,1	Cb	Пд.Зх.
23	26.08	20.00	+4,9 ⁰ C	+9,3 ⁰ C	4,4	Cb	Пн.Сх.
24	23.09	19.00	+7,9 ⁰ C	+8,4 ⁰ C	0,5	Cb, Cu	Зх.
25	24.09	19.00	+2,5 ⁰ C	+3,8 ⁰ C	1,3	Cb, Cu	Пд.Зх.
26	25.09	19.00	+2,0 ⁰ C	+3,8 ⁰ C	1,8	Cb, Cu	Пн.Сх.
27	28.09	19.00	+3,1 ⁰ C	+5,2 ⁰ C	2,1	Cb	Зх.
28	29.09	19.00	-11,3 ⁰ C	-7,0 ⁰ C	4,3	Ci, Cc	Штиль
29	01.10	19.00	-4,3 ⁰ C	-1,1 ⁰ C	3,2	Ci, Cc, Ac	Пд.,Пд.зх.
30	02.10	19.00	-5,3 ⁰ C	-3,1 ⁰ C	2,2	Ac, As	Пд.,Пд.Зх
31	21.10	18.00	+8,9 ⁰ C	+9,6 ⁰ C	0,7	St	Пн.Зх.,Пн
32	22.10	18.00	-1,3 ⁰ C	-2,3 ⁰ C	1,0	Cu, Ci	Пн.
33	23.10	18.00	+3,9 ⁰ C	+4,8 ⁰ C	0,9	Cb	Пд.,Пд.зх.
34	24.10	18.00	+0,8 ⁰ C	+0,6 ⁰ C	-0,2	St	Штиль
35	26.10	18.00	+2,4 ⁰ C	+2,5 ⁰ C	0,1	St	Штиль
36	28.10	18.00	+6,4 ⁰ C	+8,8 ⁰ C	2,4	Ns, St	Пд.Зх.
37	27.11	16.00	+4,4 ⁰ C	+6,3 ⁰ C	1,9	Ns	Пн.Зх.
38	28.11	16.00	+3,4 ⁰ C	+3,0 ⁰ C	-0,4	St	Пд.,Пд.Зх
39	29.11	16.00	-2,1 ⁰ C	-0,2 ⁰ C	1,9	Ns	Пн.
40	30.11	16.00	+1,4 ⁰ C	+1,2 ⁰ C	-0,2	Sc	Пд.Зх.
41	01.12	16.00	+0,2 ⁰ C	+0,5 ⁰ C	0,3	St, Sc	Пн.Сх.
42	06.12	16.00	-2,0 ⁰ C	-0,8 ⁰ C	1,2	Cu	Штиль
43	07.12	16.00	-7,9 ⁰ C	-4,5 ⁰ C	3,4	St	Пд.Зх.
44	08.12	16.00	-8,8 ⁰ C	-5,7 ⁰ C	3,1	St	Пн.Зх.,Пн
45	20.12	16.00	-4,9 ⁰ C	-5,6 ⁰ C	-0,7	Cu	Пд.Сх,штиль
46	23.12	16.00	-12,1 ⁰ C	-15,5 ⁰ C	-3,4	Ac, As,Cu	Пд.,Пд.Зх
47	24.12	16.00			-1,3	Ac, As, Cu,	Пн.
48	25.12	16.00	-0,5 ⁰ C	-1,8 ⁰ C			
			-33,5 ⁰ C	-30,4 ⁰ C	2,9	Ci, Cs	Пд.Сх

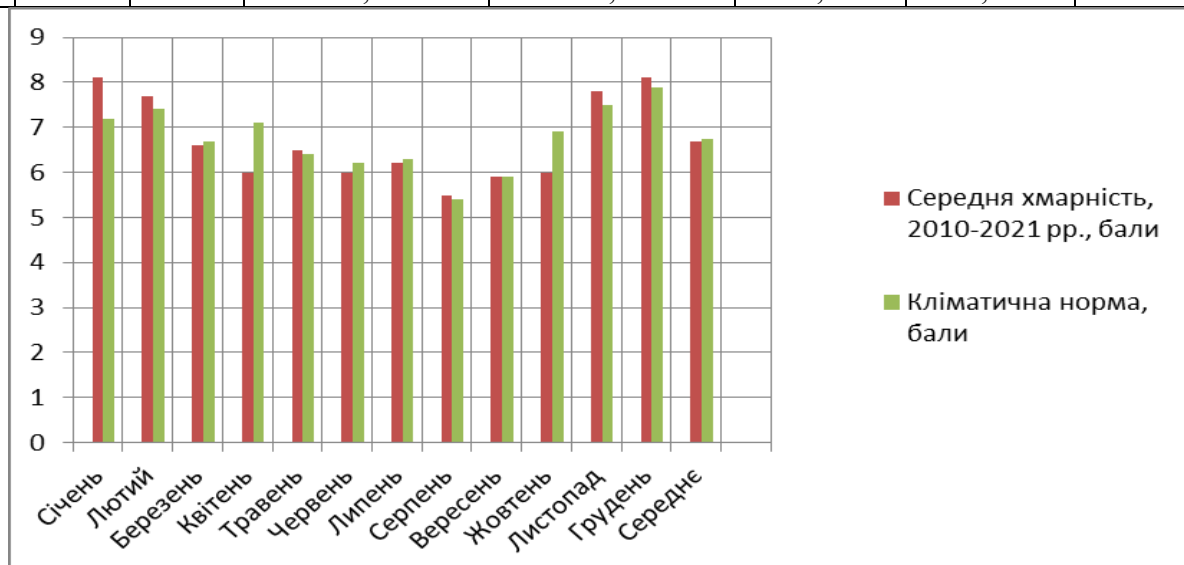


Рис. А.1. Володимир-Волинський. Середня місячна динаміка хмарності у період 2010-2021 рр.

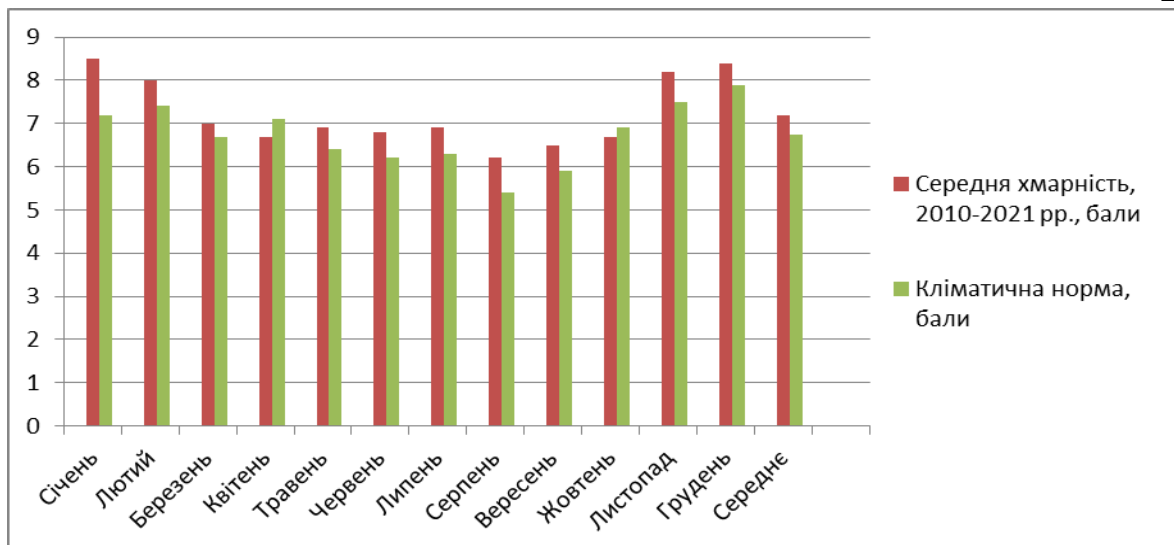


Рис. А.2. Ковель. Середня місячна динаміка хмарності у період 2010-2021 рр.

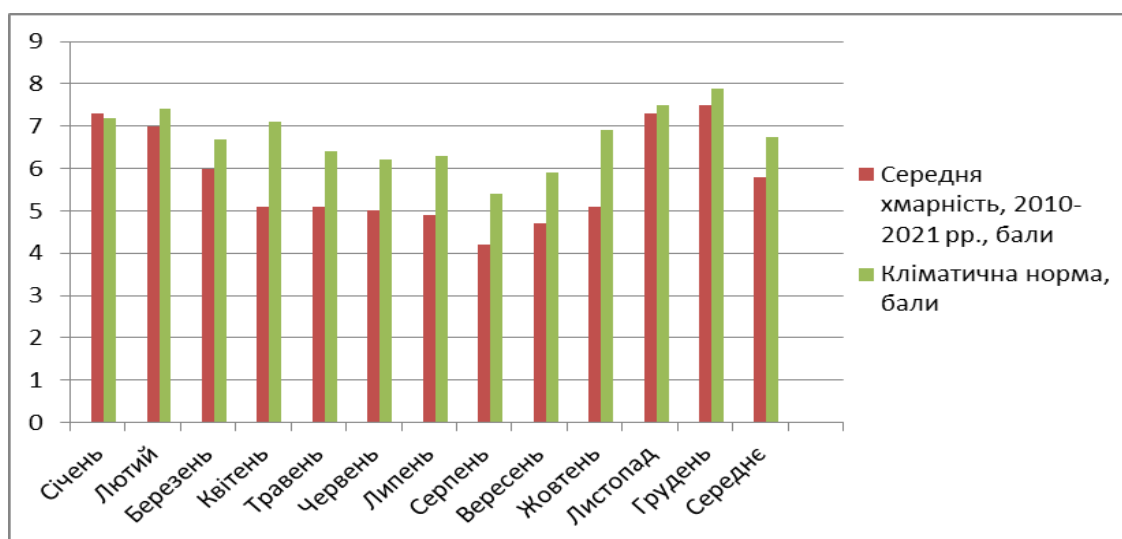


Рис. А.3. Луцьк. Середня місячна динаміка хмарності у період 2010-2021 рр.

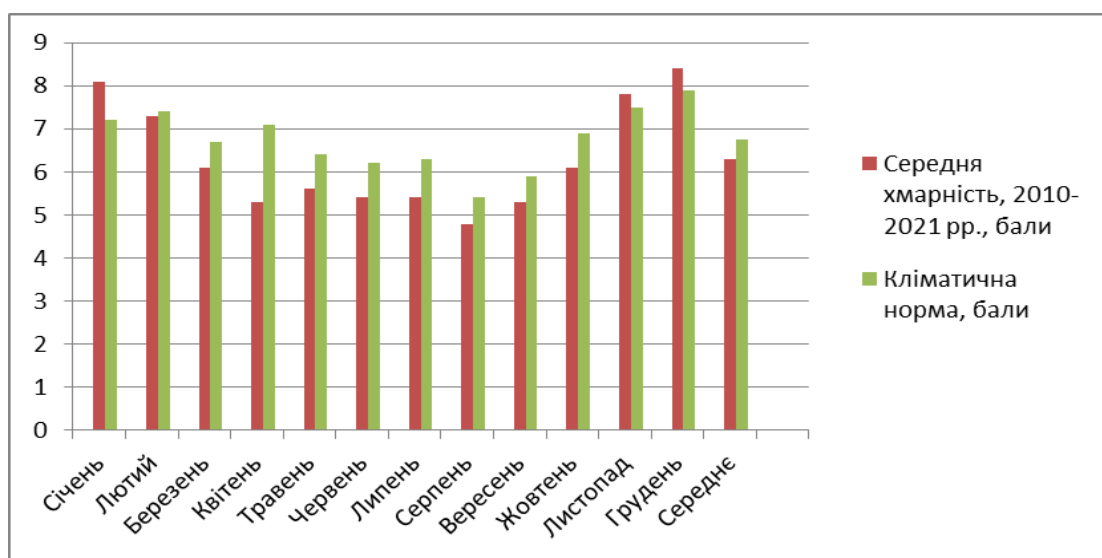


Рис. А.4. Маневичі. Середня місячна динаміка хмарності у період 2010-2021 рр.

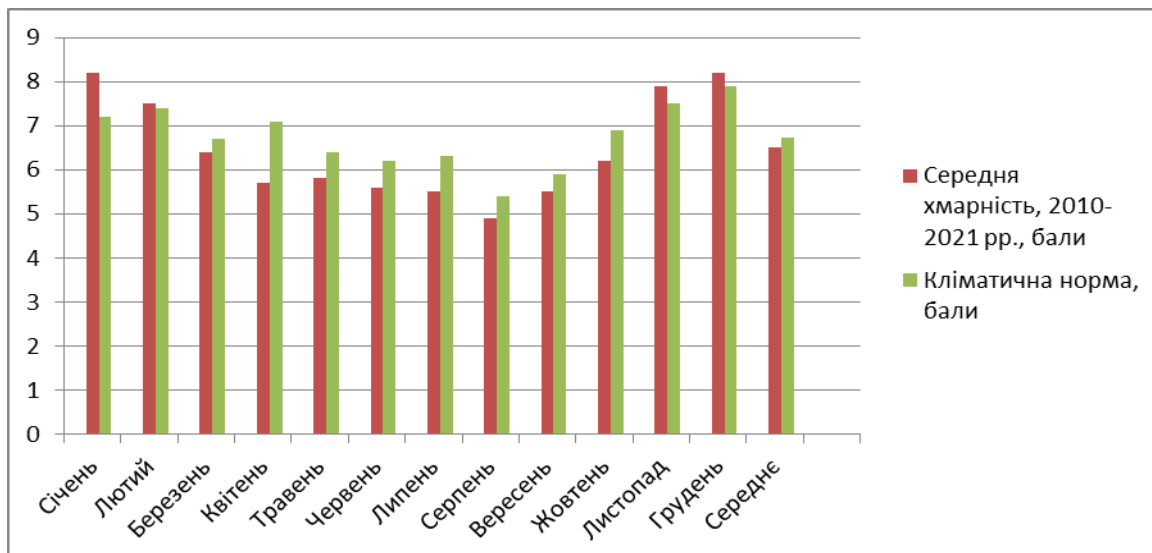


Рис. А.5. Любешів. Середня місячна динаміка хмарності у період 2010-2021 рр.

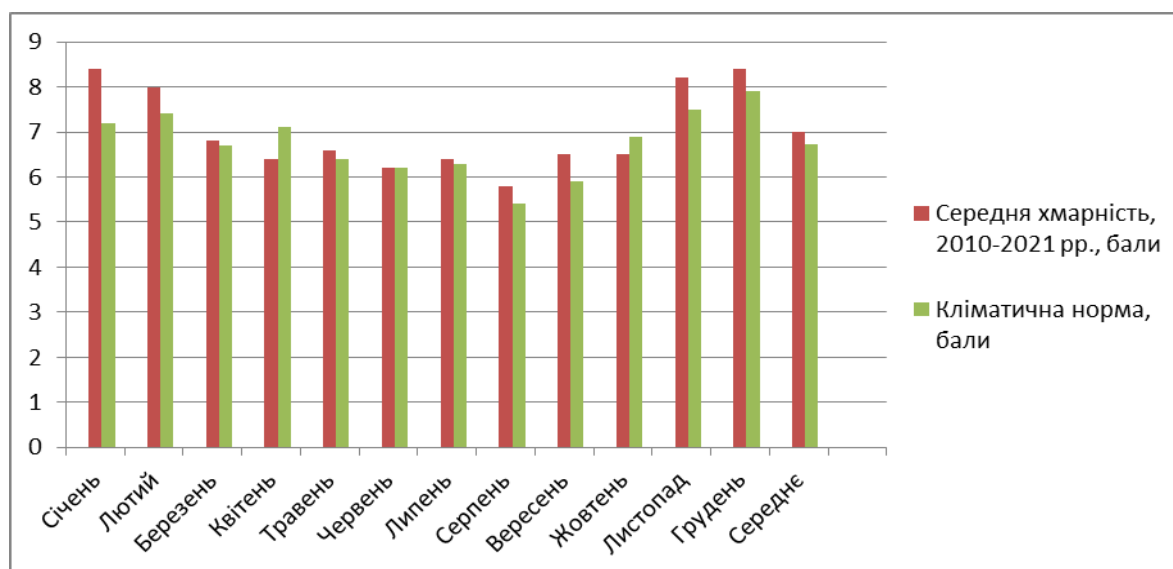


Рис. А.6. Світязь. Середня місячна динаміка загальної хмарності у період 2010-2021 рр.



Рис. А. 7. Динаміка загальної хмарності неба на ст. Луцк у 2010-2021 рр.



Рис. А.8. Динаміка загальної хмарності неба на ст. Володимир-Волинський у 2010-2021 рр.

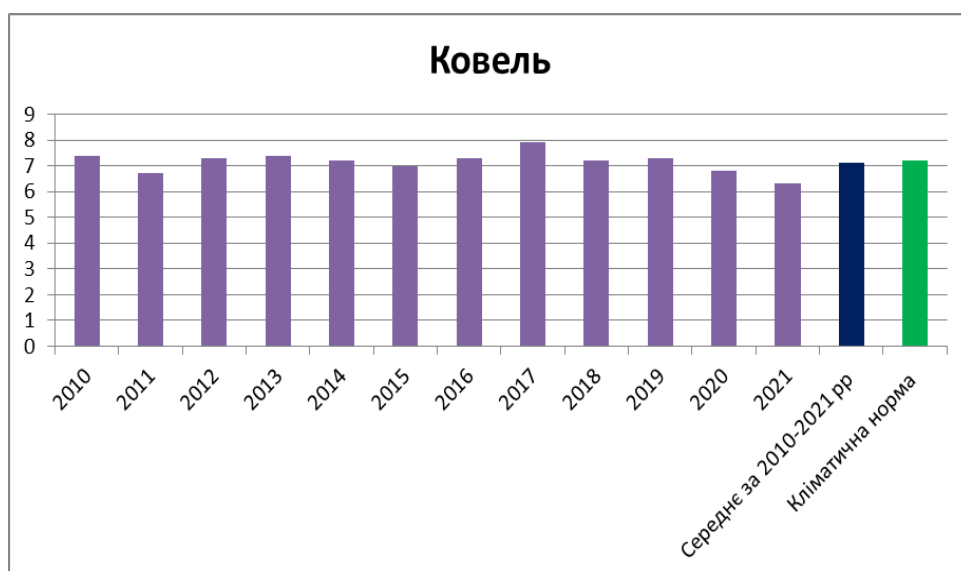


Рис. А. 9. Динаміка загальної хмарності неба на ст. Ковель у 2010-2021 рр.



Рис. А.10. Динаміка загальної хмарності неба на ст. Маневичі, 2010-21 рр.



Рис. А.11. Динаміка загальної хмарності неба на ст.Любешів у 2010-21 рр.

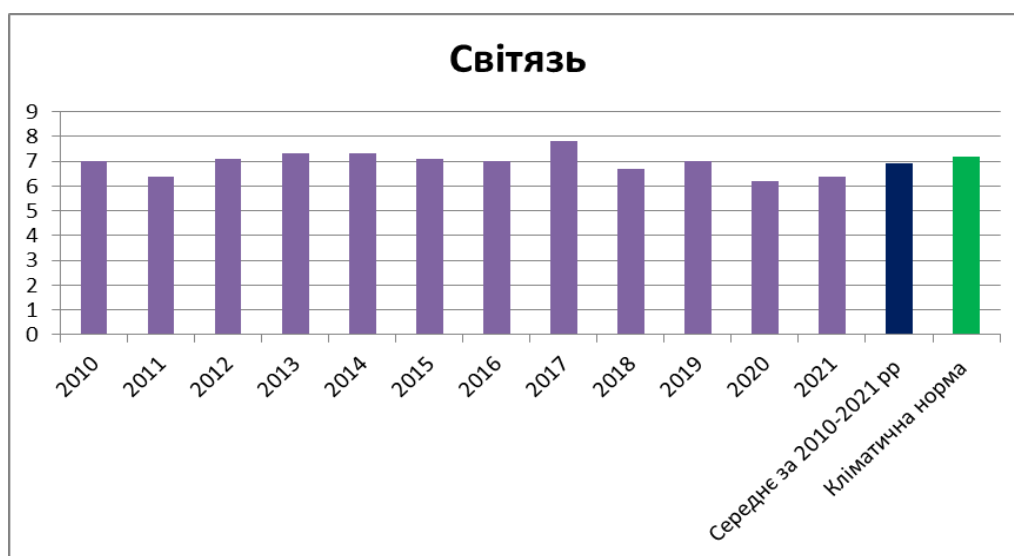


Рис. А. 12. Динаміка загальної хмарності неба на ст. Світязь у 2010-21 рр.

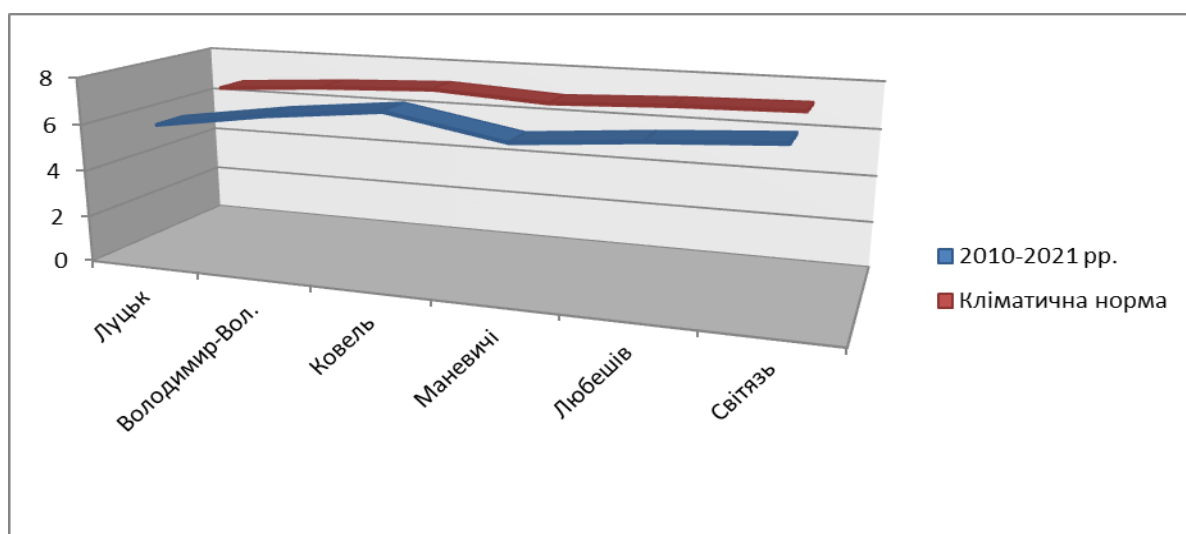


Рис. А. 13. Середня річна загальна хмарність неба на метеостанціях Волинської області, бали.

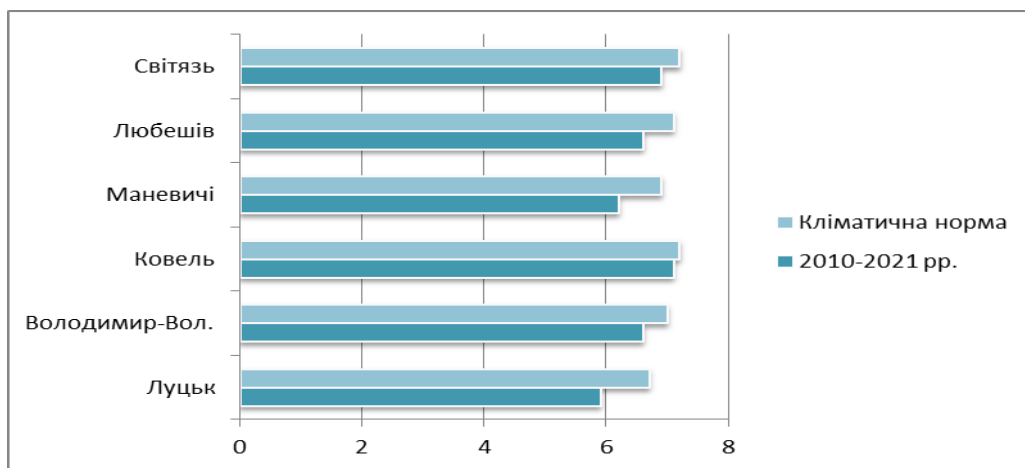


Рис. А. 14. Порівняння середньої річної хмарності неба на метеостанціях Волинської області та показників кліматичної норми, бали.

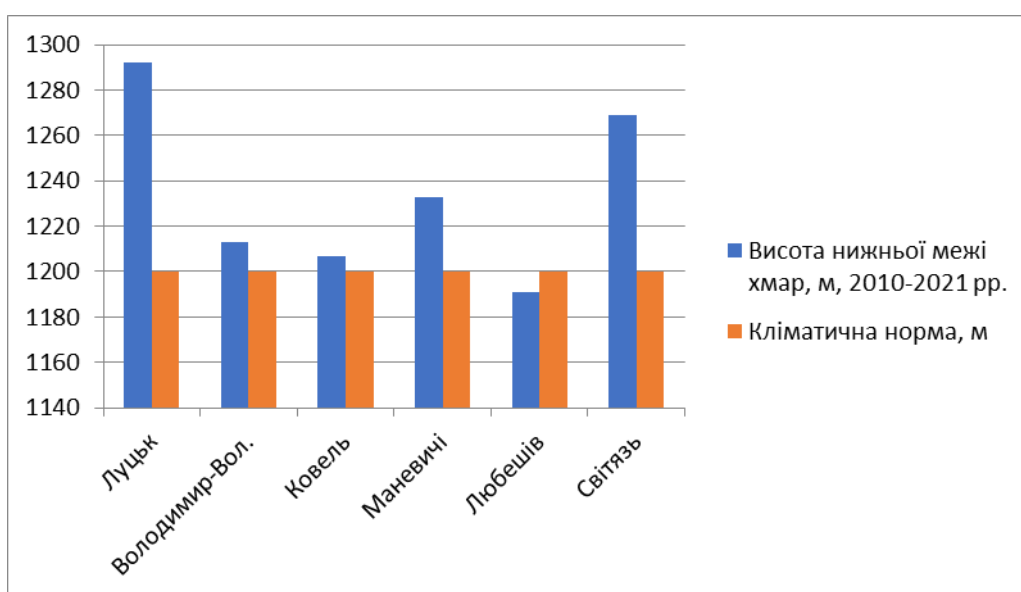


Рис. А. 15. Середня річна висота нижньої межі хмар на метеостанціях Волинської області, м.

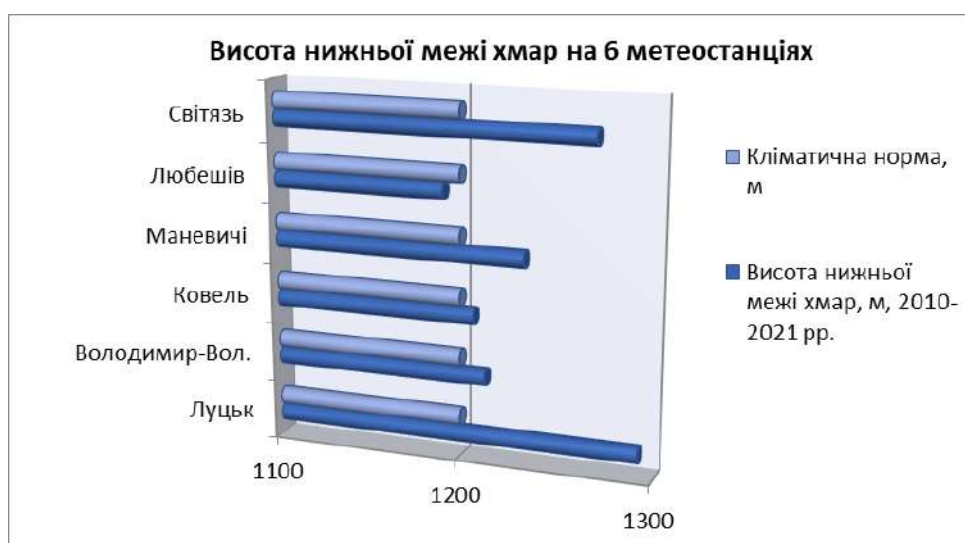


Рис. А. 16. Порівняння середньої річної висоти нижньої межі хмар на метеостанціях Волинської області з кліматичною нормою, м.

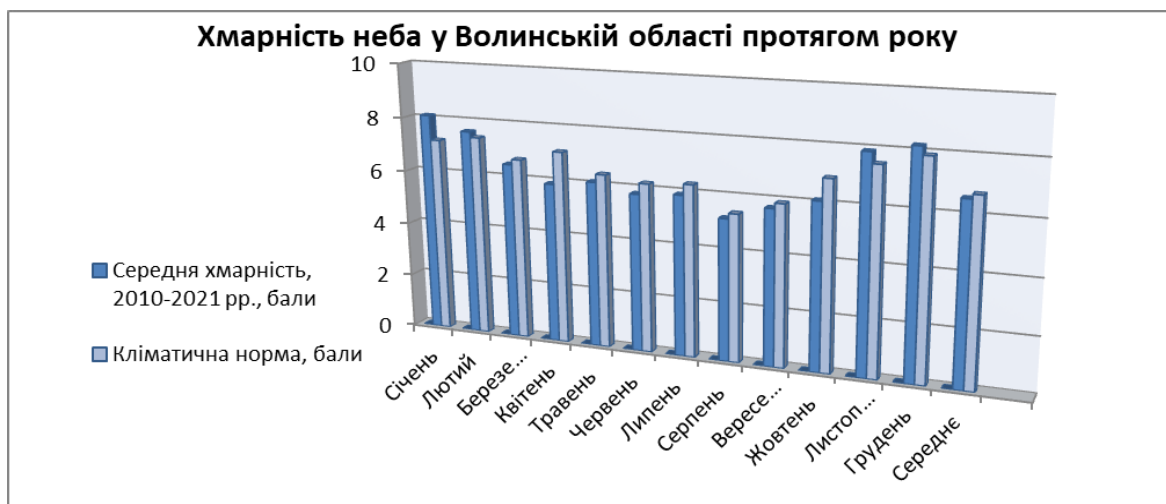


Рис. А.17. Середня місячна динаміка загальної хмарності у Волинській області в 2010-2021 рр.



Рис. А. 18. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Купчасті хмари (Cu).

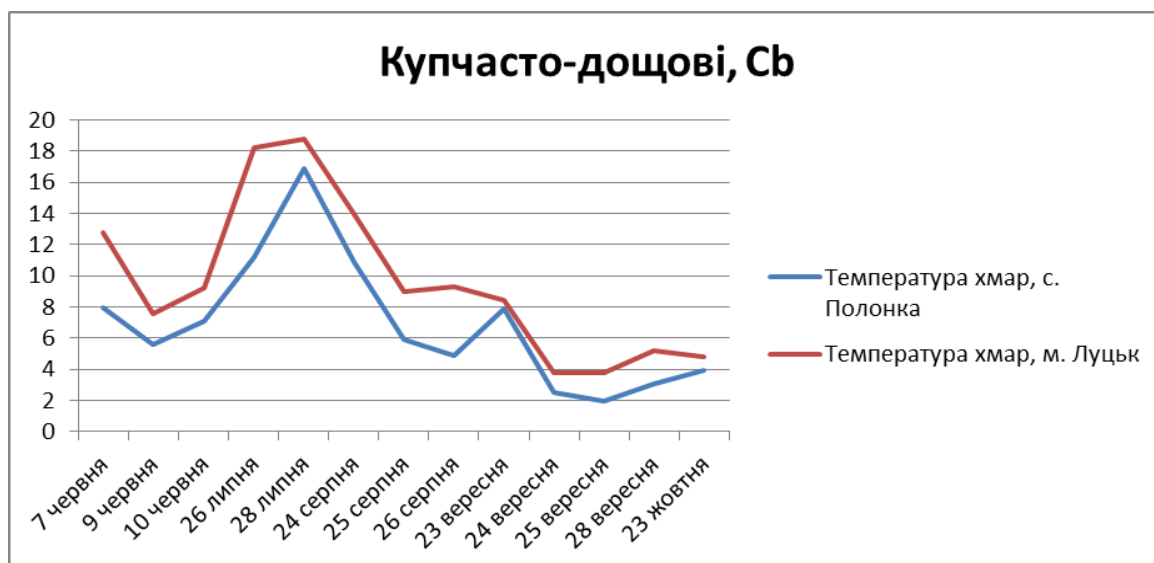


Рис. А. 19. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Купчасто-дощові хмари (Cb).



Рис. А. 20. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Висококупчасті хмари (As).



Рис. А. 21. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Високошаруваті хмари (As).

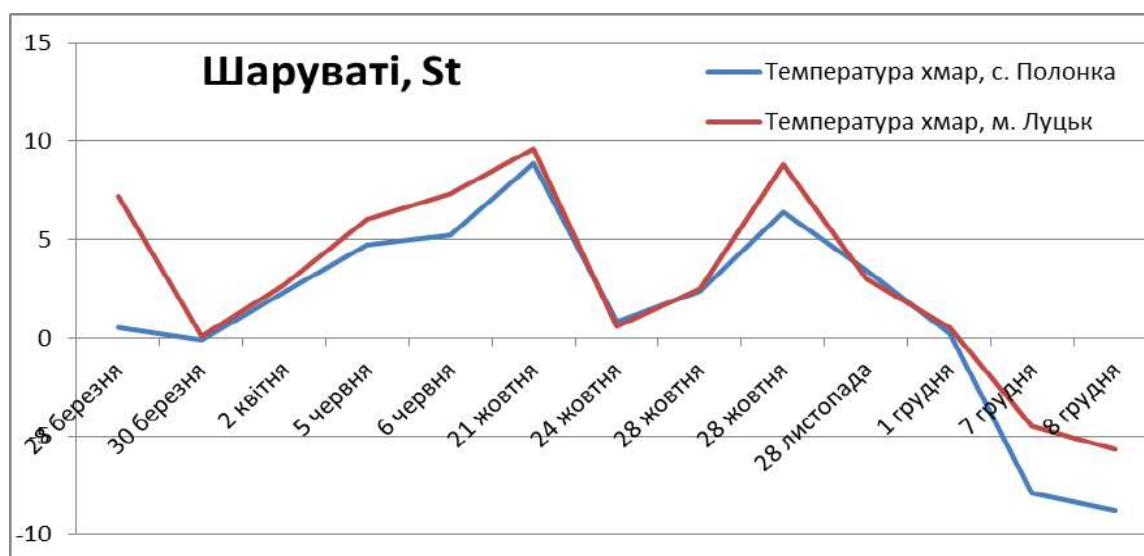


Рис. А. 22. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Шаруваті хмари (St).

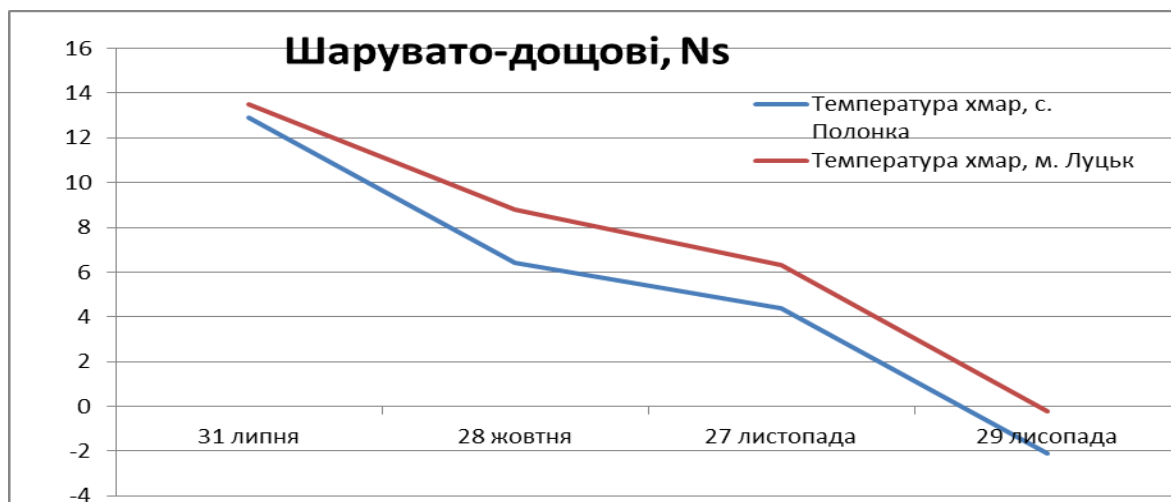


Рис. А. 23. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Шарувато-дощові хмари (Ns).

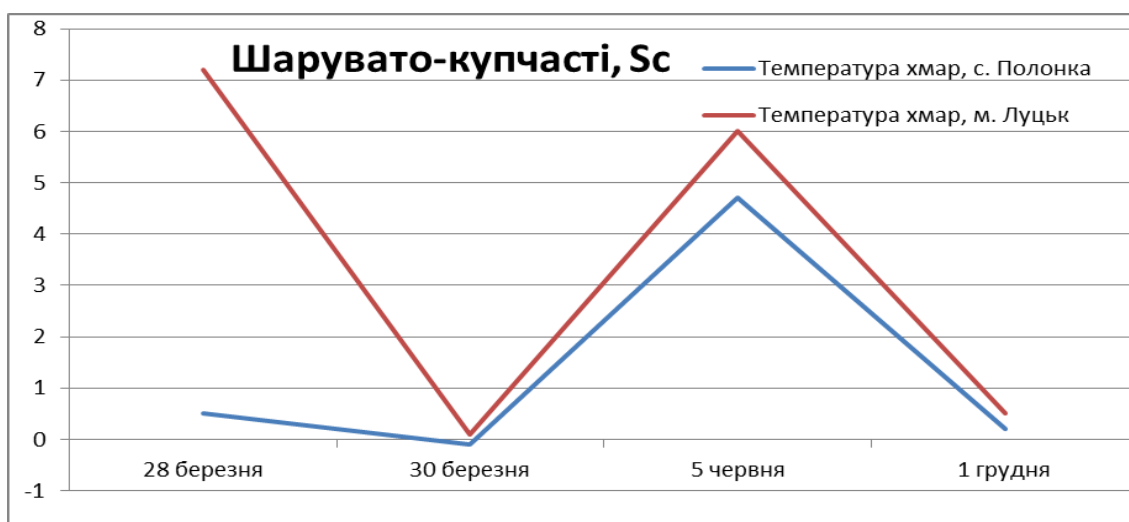


Рис. А. 24. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Шарувато-купчасті хмари (Sc).



Рис. А. 25. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Перисті хмари (Ci).

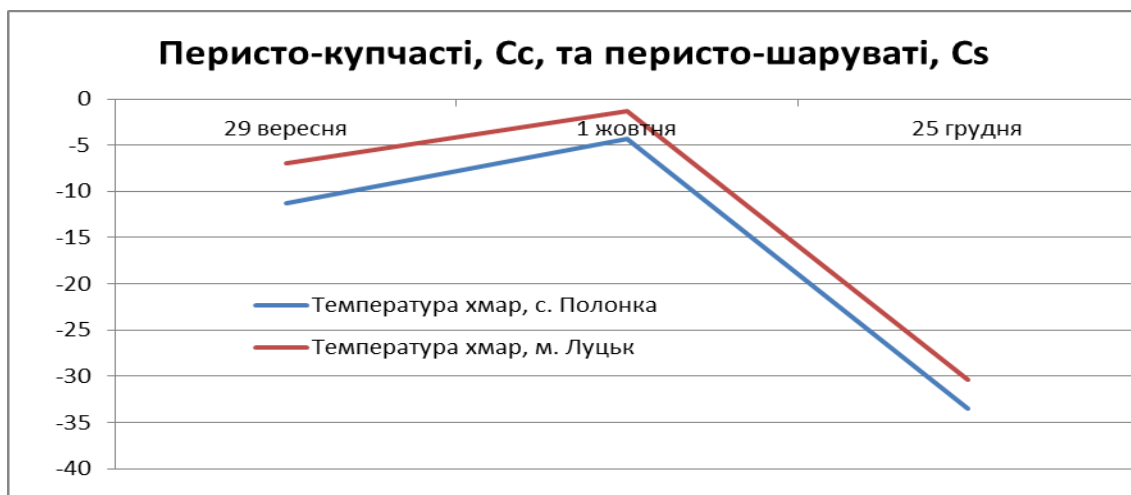


Рис. А. 26. Динаміка температури нижньої межі хмар над містом та на приміській території. Перисто-купчасті (Cs) та перисто-шаруваті хмари (Cs).

Таблиця Б.1. Результати статистичної обробки показників хмарності неба у м. Луцьку, Володимирі, Ковелі, Маневичах, Любешові та Світязі на протязі періоду 2010-2021 р.р.

Місяць року	Хмарність неба загальна (бали)					
	2010 р.					
	Володимир	Ковель	Луцьк	Маневичі	Любешів	Світязь
Січень	8,3	8.6	7,5	8,2	7,8	8,0
Лютий	8,6	8.9	7,5	8,4	8,0	8,7
Березень	7,0	7.3	5,0	6,9	6,1	6,9
Квітень	6,2	6.6	4,0	5,6	5,7	6,2
Травень	7,8	8.1	5,0	7,1	6,6	7,6
Червень	6,2	6.5	4,0	5,7	5,6	5,9
Липень	5,8	6.3	4,0	5,3	5,2	5,5
Серпень	6,2	6.4	4,0	5,5	5,5	5,9
Вересень	6,8	7.0	6,0	6,8	6,4	6,9
Жовтень	5,2	5.9	5,0	5,7	5,4	5,5
Листопад	7,5	8.0	5,0	7,3	7,2	7,9
Грудень	8,7	9.1	7,5	8,8	8,9	9,0
Середнє	6,5	7.4	5,4	6,8	6,5	7,0
2011 р.						
Січень	8,7	9.0	7,5	8,8	8,7	8,8
Лютий	7,9	7.6	4,0	7,8	7,1	7,6
Березень	5,4	5.9	5,0	5,1	4,8	5,6
Квітень	6,0	6.2	4,0	5,5	5,6	6,0
Травень	5,6	5.6	5,0	5,1	4,8	4,8
Червень	6,6	6.8	5,0	6,1	5,8	5,9
Липень	7,4	8.0	4,0	6,8	6,7	7,6
Серпень	5,9	5.4	4,0	4,7	4,9	5,2
Вересень	4,7	5.3	4,0	4,4	4,5	4,9
Жовтень	5,8	5.9	5,0	5,1	5,3	5,6
Листопад	5,9	6.4	7,5	6,4	6,4	6,0
Грудень	8,0	8.2	7,5	8,3	8,1	8,6
Середнє за рік	6,5	6.7	5,2	6,2	6,1	6,4
2012 р.						
Січень	8,1	8.2	6,0	8,1	8,2	8,4
Лютий	7,3	7.4	6,0	6,9	6,7	7,3
Березень	6,6	6.8	6,0	6,5	6,5	6,3
Квітень	6,7	6.8	5,0	6,3	6,3	6,8
Травень	6,1	6.5	4,0	5,5	5,3	5,8
Червень	5,8	7.6	5,0	6,9	7,0	7,0
Липень	5,8	6.1	4,0	4,9	4,5	5,7
Серпень	5,7	6.6	4,0	5,4	5,6	6,0
Вересень	6,5	7.3	4,0	6,0	5,7	7,1

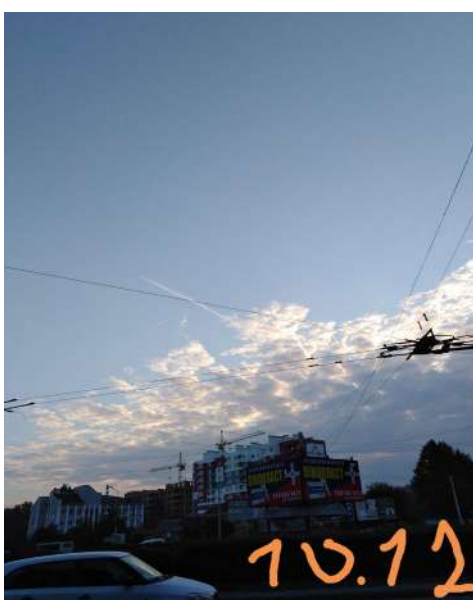
Жовтень	6,0	7,3	6,0	7,0	7,2	7,1
Листопад	8,1	8,5	7,5	8,6	8,4	8,6
Грудень	8,2	8,5	6,0	8,2	8,4	8,7
Середнє за рік	6,7	7,3	6,4	6,7	6,7	7,1
2013 р.						
Січень	8,1	8,4	7,5	8,3	8,3	8,0
Лютий	9,3	9,2	7,5	9,2	9,2	9,4
Березень	7,3	7,4	6,0	7,1	6,7	7,6
Квітень	6,2	7,2	5,0	6,0	6,1	7,3
Травень	6,3	6,8	4,0	5,8	5,6	7,1
Червень	6,7	7,3	5,0	6,6	5,7	7,0
Липень	5,8	6,5	5,0	5,3	5,7	6,1
Серпень	5,0	5,5	4,0	4,6	4,5	5,1
Вересень	7,0	7,3	6,0	7,0	6,9	6,7
Жовтень	6,9	7,2	5,0	7,0	7,1	7,1
Листопад	8,3	8,8	7,5	8,7	8,4	8,8
Грудень	6,6	7,6	5,0	7,4	7,6	7,3
Середнє	6,9	7,4	5,6	6,9	6,8	7,3
2014 р.						
Січень	7,4	8,6	5,0	8,3	8,0	8,8
Лютий	6,8	7,2	5,0	7,6	7,4	8,0
Березень	5,7	6,0	5,0	5,5	5,5	6,5
Квітень	5,7	7,8	5,0	6,7	6,5	6,8
Травень	6,3	7,1	5,0	6,3	6,2	7,0
Червень	6,4	7,0	5,0	6,5	6,0	7,2
Липень	6,1	6,8	4,0	5,9	5,3	6,6
Серпень	6,5	7,1	5,0	5,9	6,0	7,3
Вересень	5,1	5,7	2,5	5,1	4,7	6,7
Жовтень	4,9	5,4	4,0	4,7	4,1	5,2
Листопад	8,1	8,5	7,5	7,9	7,7	8,9
Грудень	8,9	8,8	9,5	8,8	8,5	9,1
Середнє за рік	6,5	7,2	5,2	6,6	6,3	7,3
2015 р.						
Січень	8,7	9,0	5,0	8,9	8,4	9,2
Лютий	6,8	7,7	7,5	7,4	7,1	7,6
Березень	5,8	6,6	4,0	6,1	5,7	6,4
Квітень	6,4	6,5	5,0	6,3	5,8	6,8
Травень	7,0	7,5	2,5	6,5	6,1	7,3
Червень	5,1	5,9	4,0	4,0	4,8	6,4
Липень	5,3	6,3	4,0	5,1	5,0	5,8
Серпень	4,6	5,6	2,5	4,6	3,5	5,0
Вересень	6,4	7,6	5,0	4,9	5,3	7,6
Жовтень	6,0	6,4	4,0	6,9	5,7	6,6
Листопад	8,1	8,5	7,5	7,1	7,6	8,6
Грудень	7,4	6,9	5,0	8,0	5,8	7,6
Середнє за рік	6,3	7,0	4,7	6,0	6,5	7,1

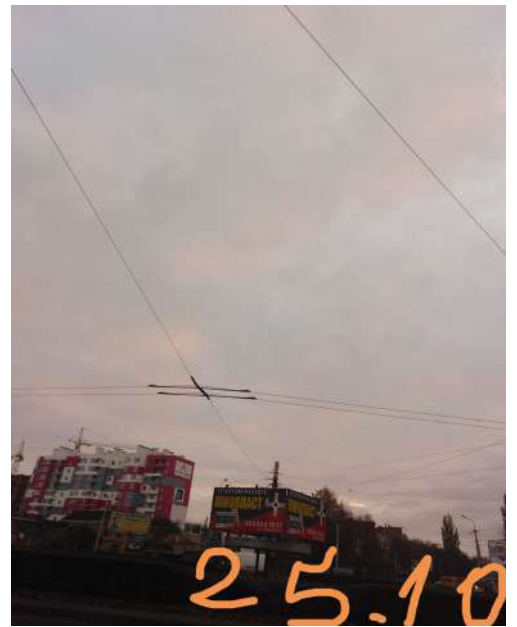
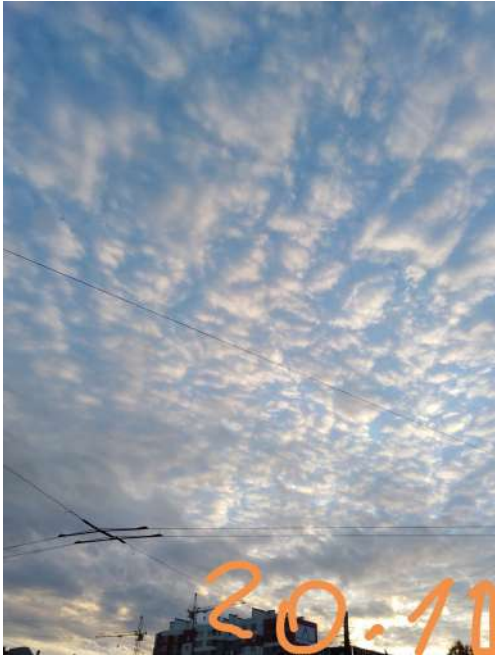
2016 р.						
Січень	7,7	7,9	7,5	5,7	8,6	8,0
Лютий	7,7	7,8	6,0	1,9	5,9	7,7
Березень	7,8	7,9	6,0	3,1	7,6	7,9
Квітень	6,7	7,3	5,0	2,1	6,1	7,5
Травень	6,1	6,5	5,0	0,8	4,7	5,6
Червень	5,9	5,3	4,0	0,1	3,8	3,8
Липень	6,5	7,2	3,0	3,0	4,8	6,7
Серпень	5,0	5,6	2,5	3,6	4,1	5,6
Вересень	5,2	5,7	2,5	4,0	4,3	5,6
Жовтень	7,0	8,3	2,5	7,2	8,0	8,5
Листопад	8,8	8,6	5,0	7,2	8,9	8,9
Грудень	8,0	8,3	6,0	7,9	8,5	8,2
Середнє за рік	6,9	7,2	4,6	3,9	6,3	7,0
2017 р.						
Січень	8,0	8,5	8,9	7,9	8,5	7,9
Лютий	7,9	8,6	8,7	7,7	8,7	8,4
Березень	7,7	7,9	8,3	6,7	7,7	7,7
Квітень	6,4	7,1	7,0	5,6	6,4	6,9
Травень	6,6	6,9	6,8	4,9	6,2	7,5
Червень	6,3	7,3	7,0	5,4	6,4	6,9
Липень	6,3	7,3	6,7	5,3	6,3	7,0
Серпень	5,0	5,5	5,2	2,8	4,6	6,2
Вересень	6,6	6,9	6,6	3,3	6,6	7,5
Жовтень	7,5	8,2	7,9	7,1	8,5	8,2
Листопад	8,4	8,7	8,7	8,4	8,4	8,5
Грудень	8,3	8,7	8,7	8,6	8,4	8,5
Середнє за рік	7,1	7,6	7,5	6,3	7,3	7,8
2018 р.						
Січень	8,1	8,2	7,9	8,1	7,9	8,3
Лютий	8,4	8,4	8,6	8,4	8,3	8,5
Березень	7,2	7,4	7,4	7,1	6,9	7,1
Квітень	5,3	6,2	5,4	5,2	4,8	5,8
Травень	4,7	5,5	4,9	3,9	3,8	4,8
Червень	6,0	7,0	6,6	5,8	5,6	6,2
Липень	7,0	7,4	6,7	6,5	6,5	7,0
Серпень	4,9	5,7	5,3	4,9	4,5	4,6
Вересень	6,0	6,7	6,4	5,6	5,7	6,0
Жовтень	4,9	5,6	5,0	5,2	5,0	5,4
Листопад	6,7	7,1	7,3	7,3	7,4	7,0
Грудень	9,5	9,5	9,7	9,5	9,4	9,0
Середнє за рік	6,6	7,1	6,8	5,7	6,5	6,7
2019 р.						
Січень	8,9	9,0	9,1	8,8	8,2	9,1
Лютий	7,6	8,2	7,8	7,8	7,5	7,9
Березень	6,5	7,2	6,5	6,7	6,6	7,0

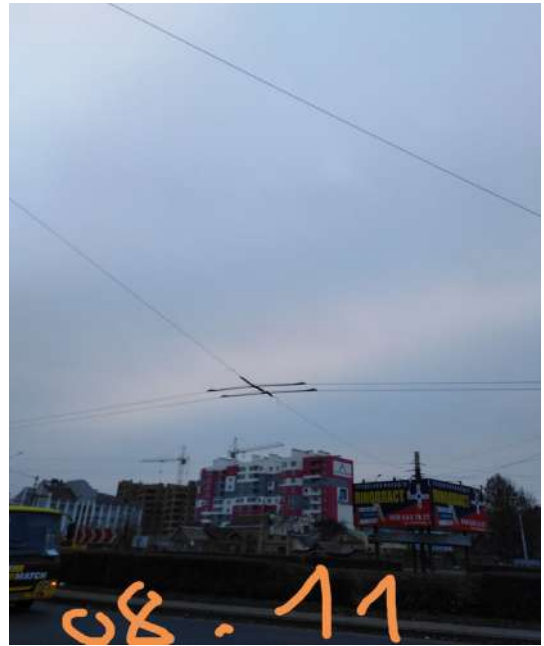
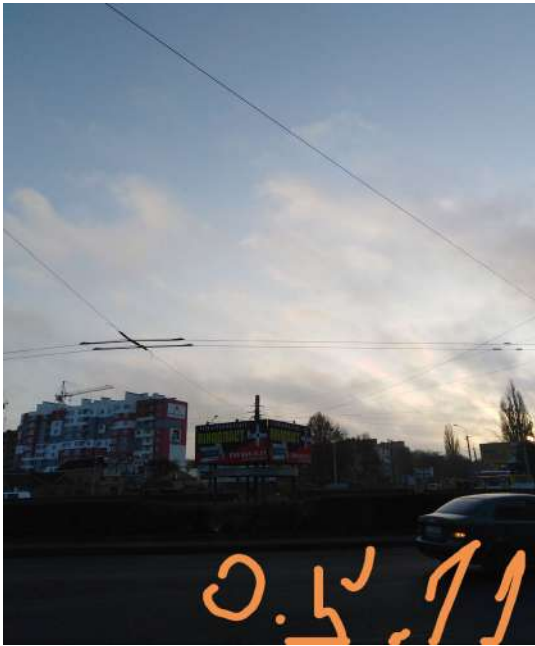
Квітень	5,5	6,1	5,3	4,9	4,5	5,3
Травень	7,7	7,8	7,5	7,2	7,2	7,6
Червень	5,1	6,3	5,0	5,0	4,6	5,4
Липень	6,5	7,1	6,1	5,7	5,8	6,5
Серпень	5,3	6,1	5,0	4,6	4,6	5,8
Вересень	5,9	7,0	6,0	5,9	5,8	6,9
Жовтень	4,9	6,1	5,0	5,0	5,0	5,2
Листопад	8,3	8,8	8,5	8,4	8,8	8,5
Грудень	7,7	8,1	8,2	8,0	7,9	8,2
Середнє за рік	6,7	7,3	6,7	6,3	6,5	7,0
2020 р.						
Січень	7,6	8,1	7,8	7,7	7,8	8,0
Лютий	7,2	7,8	7,3	7,5	7,5	7,5
Березень	5,6	6,1	5,6	5,3	5,6	5,8
Квітень	3,6	4,6	3,7	3,9	3,9	4,1
Травень	7,2	7,8	5,8	7,1	6,9	7,3
Червень	6,2	8,0	3,5	6,8	6,5	7,5
Липень	6,3	6,8	5,4	5,6	5,6	6,6
Серпень	5,2	6,3	3,3	4,9	4,9	5,5
Вересень	4,8	5,5	1,3	4,9	4,5	5,2
Жовтень	7,8	8,5	7,2	8,0	7,9	7,9
Листопад	8,2	8,8	8,4	8,7	8,7	8,6
Грудень	8,1	9,0	8,5	8,8	8,8	8,9
Середнє за рік	6,5	7,3	5,7	6,5	6,6	6,2
2021						
Січень	8,1	8,4	8,5	8,4	8,0	8,5
Лютий	6,9	7,4	7,5	6,9	7,0	7,3
Березень	7,1	7,5	7,1	6,9	6,7	6,8
Квітень	6,7	6,9	6,6	6,0	6,1	7,3
Травень	6,4	7,2	6,2	6,4	6,6	6,9
Червень	5,3	6,3	5,5	5,4	5,3	5,4
Липень	5,4	6,6	5,5	5,3	4,9	6,2
Серпень	6,3	7,2	6,2	6,1	6,5	7,0
Вересень	6,0	6,5	6,0	6,0	6,0	6,6
Жовтень	4,8	5,0	4,6	4,9	4,6	5,2
Листопад	7,2	7,8	7,3	7,6	7,4	7,7
Грудень	8,3	8,1	8,0	8,3	7,9	8,0
Середнє	6,5	6,4	6,5	6,0	6,7	6,4
Середнє за всі роки	5,9	6,6	7,1	6,2	6,6	6,9

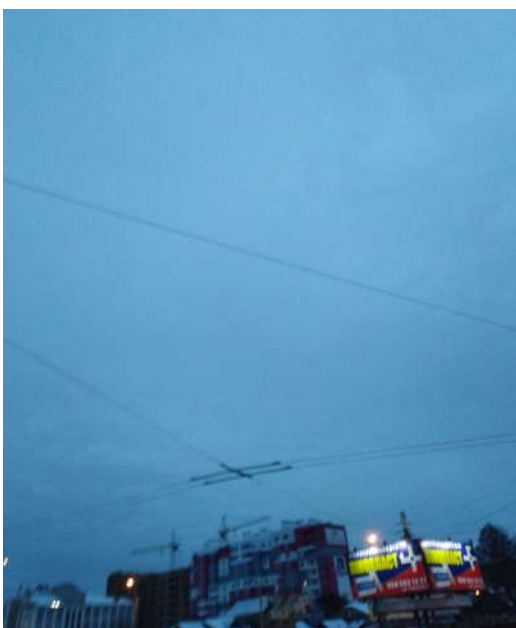
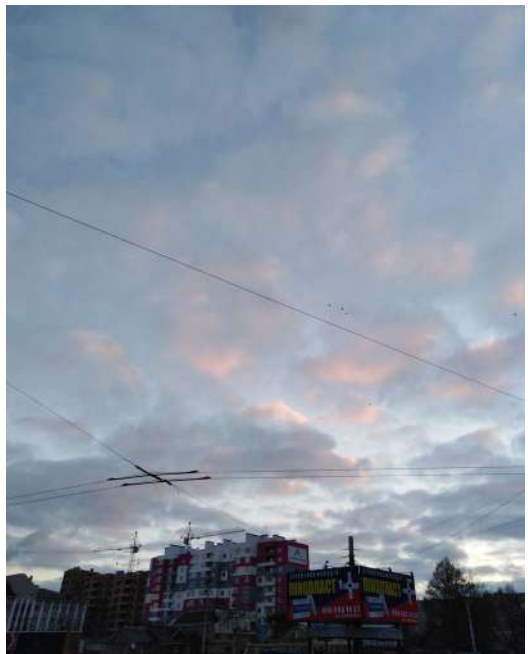
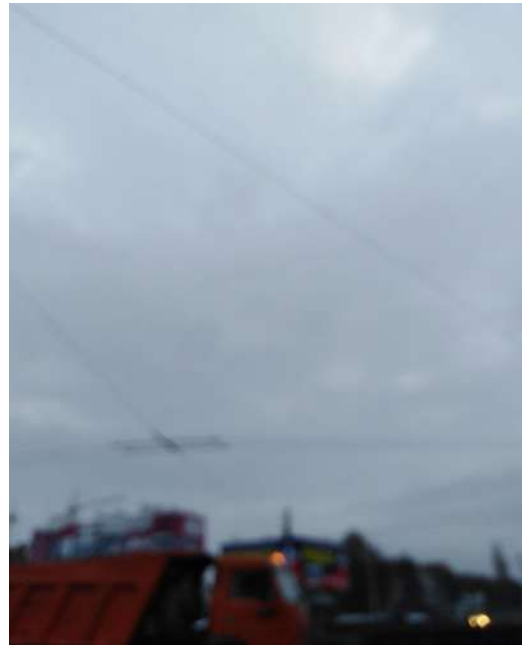
АТЛАС ХМАР ДЛЯ ЛУЦЬКА. ВИБРАНІ ФОТО
(фото автора, роботи з фотографування хмар було розпочато у 8 класі)

Власні фото родів та видів хмар у м. Луцьку (жовтень-грудень 2018 р.)







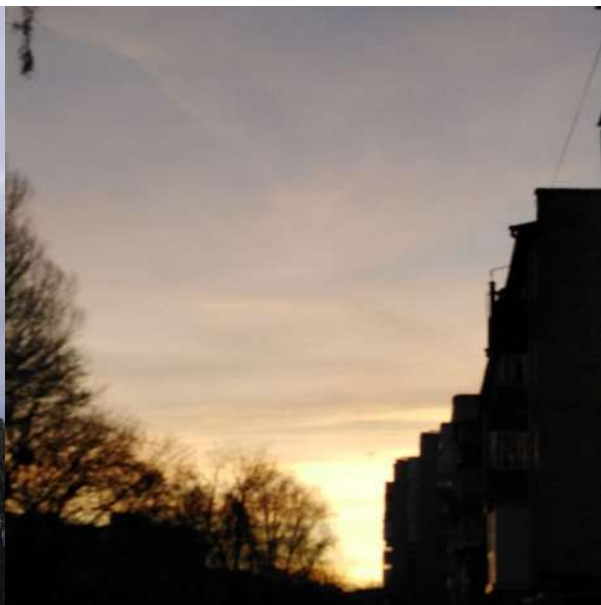




Власні фото цікавих родів та видів хмар у м. Луцьку (2019 - 2020 рр.)



11.06. 2019 р. Ns



12.05.2020 р. Ci Cc Cs



12.07. 2019 р. Sc, можливо, Mammulus



18.12.2020 р. Cc, Ci, Cs



21.12. 2019 р. Ac



17.01.2020 р. St, що переходять в туман



21.01. 2020 р. Ас, Сс (літні хмари взимку!)

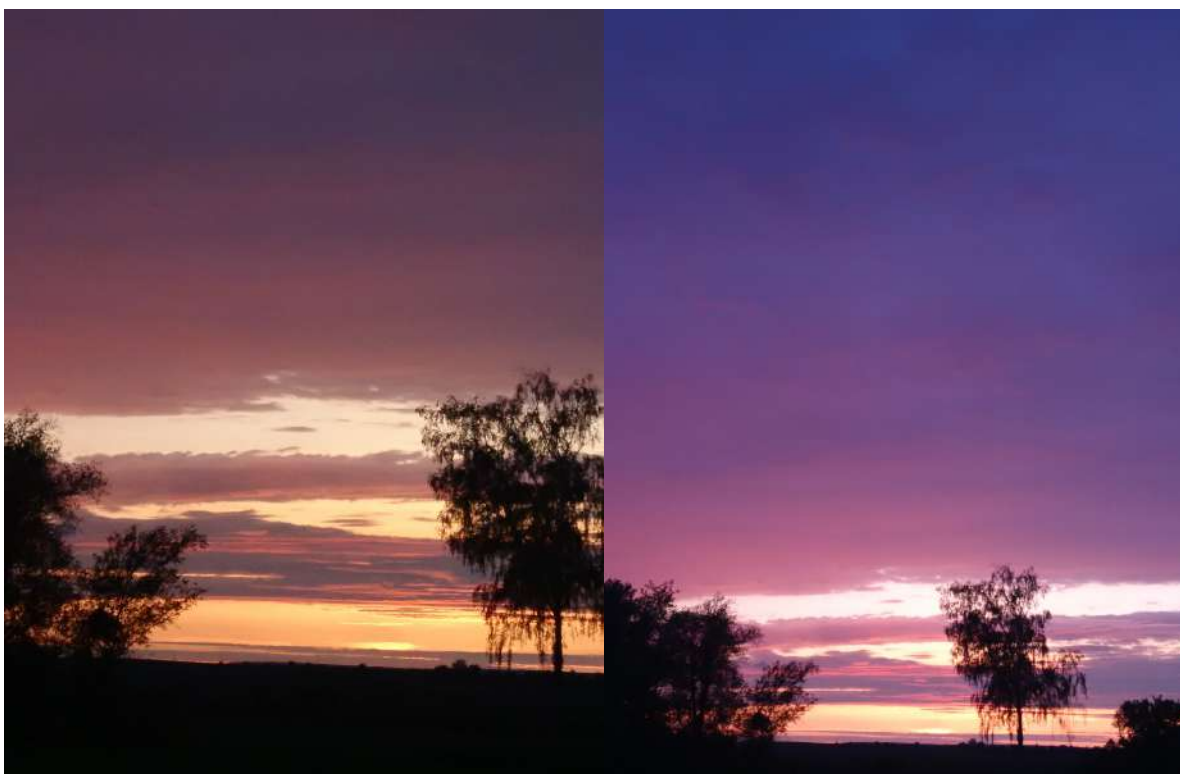


23.12.2019 р. Ас



21.01.2020 р. Рідкісне явище «колового розриву» у висококупчастих хмарах над Луцьком. Ймовірна причина виникнення – вплив міста як «острова тепла».

Власні фото цікавих родів та видів хмар у м. Луцьку та на прилеглій до м. Луцька території (с. Лопавше), 2020 р.



06.06. 2020 р., Сі Сс Cs (с. Лопавше)



13.07. 2020 р. Sc, можливо, Mammulus (с. Лопавше)



13.07. 2020 р. Sc, можливо, Mammulus (с. Лопавше)



09.06.2020 р. As, As. Хмари, схожі на рідкісні «трубчасті хмари» (с. Лопавше)



19.07.2020 р. Формування «трубчастих хмар» чи «валів» перед грозою (с. Лопавше).



07.10. 2020 р. Ранкове гало над заплавою Стира (м. Луцьк)



07.10. 2020 р. Оптичне явище «гало» на фоні перисто-шаруватих та високошаруватих хмар (м. Луцьк). Передвісник наближення атмосферного фронту та зміни погодних умов

Власні фото цікавих родів та видів хмар у м. Луцьку, 2021 - 2023 рр.



Жовтень 2021 р. Лентикулярні хмари над Луцьком



Березень 2021 р. Гало на фоні перистих та перисто-купчастих хмар



Бічний паргелій (бічний фрагмент гало, або «вогняний стовп»). Луцьк,
Богушівка, початок листопада 2021 р.



Цікаві оптичні феномени на фоні шаруватих та шарувато-купчастих хмар..

Луцьк, грудень 2023 р.



Зліва – рідкісне оптичне явище, вінці навколо Місяця. Луцьк, 04. 11. 2023 р.

Справа – розсіювання та рефракція сонячних променів на фоні висококупчастих хмар, 08.10. 2023 р.