

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ
Кафедра фізичної географії

На правах рукопису

МИХАЛЮК АНАСТАСІЯ МИХАЙЛІВНА

СУЧАСНІ КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ У М. ЛУЦЬК

Спеціальність: 106 Географія

Освітньо-професійна програма: Географія

Робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Науковий керівник:

ПАВЛОВСЬКА ТЕТЯНА СЕРГІЇВНА,

кандидат географічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____

засідання кафедри фізичної географії

від _____ 20____ р.

Завідувач кафедри

проф. Фесюк Василь Олександрович

ЛУЦЬК – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІН КЛІМАТУ.....	7
1.1. Основні кліматичні характеристики.....	7
1.2. Тенденції сучасних глобальних кліматичних змін	10
1.3. Історія досліджень кліматичних змін в Україні та світі.....	13
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ РИСИ ПРИРОДНИХ УМОВ ЛУЦЬКА.....	17
2.1. Геолого-геоморфологічна будова.....	17
2.2. Погодно-кліматичні умови.....	17
2.3. Поверхневі води.....	18
2.4. Ґрунтовий покрив.....	18
2.5. Ландшафти, їх рослинний і тваринний світ.....	19
РОЗДІЛ 3. ДИНАМІКА ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУЦЬКА УПРОДОВЖ 2001–2020 РР.....	20
3.1. Тенденції змін величин тривалості сонячного сяйва.....	20
3.2. Річний та багаторічний режими температури атмосферного повітря	26
3.3. Багаторічна динаміка кількості опадів та їх внутрішньорічний розподіл	31
3.4. Багаторічна та внутрішньорічна динаміка показників відносної вологості повітря.....	37
3.5. Зміни тривалості метеорологічних пір року.....	42
3.6. Тіснота зв'язку досліджуваних метеопараметрів.....	45
РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З АДАПТАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ТА ГОСПОДАРСТВА ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	47
4.1. Потенційні наслідки змін клімату в Луцьку.....	47
4.2. Шляхи пом'якшення наслідків прояву кліматичних змін.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

Анотація

Михалюк А. М. Сучасні кліматичні зміни у м. Луцьк

Наукове дослідження присвячене аналізу тенденцій змін кліматичних характеристик у м. Луцьк (метеостанція (далі – МС) Луцьк) в ХХІ ст. (упродовж 2001–2020 рр.). Для цього було: вивчено теоретико-методологічні основи досліджень сучасних змін клімату; дано загальну характеристику природних умов м. Луцька; з’ясовано річний режим і тенденції змін річних і місячних величин тривалості сонячного сяйва; проаналізовано річний і багаторічний режими температури атмосферного повітря; виявлено багаторічну динаміку кількості опадів та їх внутрішньорічний розподіл; з’ясовано багаторічні та внутрішньорічні зміни відносної вологості повітря; визначено зміни тривалості метеорологічних пір року; здійснено оцінку значущості лінійних трендів досліджуваних параметрів. Наукове дослідження здійснювалося з використанням методів камеральної обробки статистичних даних Волинського обласного центру з гідрометеорології (далі – ВОЦГМ): порівняльного аналізу, математико-статистичного, графічного.

Упродовж 2001–2020 рр. в Луцьку простежуються тенденції: 1) зростання тривалості сонячного сяйва в січні, березні, квітні, червні, серпні, вересні, влітку, восени та в цілому за рік і зменшення значень у лютому, травні, липні, листопаді, грудні, взимку та навесні; 2) зростання середньорічної, сезонних та середньомісячних температур повітря (у всі місяці року, крім липня і травня); 3) зростання зимових і весняних сум опадів, а також кількості опадів у січні, травні, червні, грудні та їх зменшення влітку й восени, в лютому, березні, квітні, липні, серпні, вересні; 4) зниження середньорічного й середньомісячних значень відносної вологості повітря (крім травня, грудня), сезонних значень влітку і навесні; 5) суттєві зменшення тривалості зими і збільшення тривалості літа.

Ключові слова: відносна вологість повітря, клімат, метеорологічна пора року, Луцьк, опади, погода, температура повітря, тривалість сонячного сяйва.

SUMMARY

Mykhalyuk A. M. Modern changes in the city of Lutsk

The scientific study is devoted to the analysis of trends in changes in climatic characteristics in the city of Lutsk (weather station (hereinafter – MS) Lutsk) in the 21st century (during 2001–2020). For this purpose, the following were done: the theoretical and methodological foundations of research into modern climate changes were studied; a general characteristic of the natural conditions of the city of Lutsk was given; the annual regime and trends in changes in annual and monthly values of the duration of sunlight were clarified; annual and multi-annual regimes of atmospheric air temperature were analyzed; the multi-annual dynamics of precipitation and their intra-annual distribution were revealed; multi-annual and intra-annual changes in relative air humidity were clarified; changes in the duration of meteorological seasons were determined; the significance of linear trends of the studied parameters was assessed. The scientific research was carried out using methods of office processing of statistical data of the Volyn Regional Center for Hydrometeorology (hereinafter referred to as the VOCGM): comparative analysis, mathematical and statistical, graphical. During 2001–2020, the following trends were observed in Lutsk: 1) an increase in the duration of sunshine in January, March, April, June, August, September, summer, autumn and throughout the year and a decrease in values in February, May, July, November, December, winter and spring; 2) an increase in average annual, seasonal and average monthly air temperatures (in all months of the year, except July and May); 3) an increase in winter and spring precipitation amounts, as well as precipitation in January, May, June, December and their decrease in summer and autumn, in February, March, April, July, August, September; 4) decrease in the average annual and average monthly values of relative air humidity (except for May, December), seasonal values in summer and spring; 5) significant reduction in the duration of winter and increase in the duration of summer.

Keywords: relative air humidity, climate, meteorological season, Lutsk, precipitation, weather, air temperature, duration of sunshine.

ВСТУП

Актуальність роботи. Погодно-кліматичні умови мають великий вплив на поширення й розвиток ґрунтово-рослинного покриву, водних, лісових, біотичних і, певною мірою, мінеральних ресурсів, перебіг атмосферних і гідрологічних процесів та явищ, здоров'я людини та комфорт її життєдіяльності. Метеопараметри також впливають на продуктивність комунікаційних систем, систем спостереження, бездротового зв'язку, радіолокаційних систем і в цілому на функціонування всіх галузей господарства будь-якого регіону, країни та світу в цілому. Тому дослідження тенденцій кліматичних змін, які простежуються протягом кількох останніх десятиліть, є справді актуальною задачею науки й практики як глобального, так і локального рівнів [4; 27; 83].

Метою нашого дослідження є з'ясування тенденцій багаторічних і внутрішньорічних змін кліматичних характеристик у м. Луцьку в ХХІ ст. (упродовж 2001–2020 рр.).

Для досягнення поставленої мети нами було визначено такі завдання:

- 1) дослідити теоретичні та методичні засади вивчення кліматичних змін;
- 2) дати загальну характеристику природних умов м. Луцька;
- 3) з'ясувати річний режим і тенденції змін річних і місячних величин тривалості сонячного сяйва;
- 4) проаналізувати річний і багаторічний режими температури атмосферного повітря;
- 5) виявити багаторічну динаміку річних та місячних сум опадів та їх внутрішньорічний розподіл;
- 6) з'ясувати багаторічні та внутрішньорічні зміни відносної вологості повітря;
- 7) визначити структуру природного року, зміни тривалості й хронологічних меж метеорологічних пір року;
- 8) здійснити оцінку значущості лінійних трендів досліджуваних параметрів;

- 9) дослідити тісноту зв'язку аналізованих метеопараметрів;
- 10) з'ясувати потенційні наслідки зміни клімату у м. Луцьку та запропонувати шляхи пом'якшення наслідків їх прояву.

Об'єкт дослідження – клімат м. Луцьк.

Предмет дослідження – річний режим і тенденції змін річних, місячних, сезонних значень тривалості сонячного сяйва, температури повітря, кількості опадів, відносної вологості повітря, а також тривалості й хронологічних меж метеорологічних пір року в м. Луцьк упродовж 2001–2020 рр.

Наукове дослідження відбувалося з використанням методів камеральної обробки даних статистичних даних Волинського обласного центру з гідрометеорології (далі – ВОЦГМ): порівняльного аналізу, математико-статистичного, графічного.

Наукова новизна роботи. Вперше: 1) визначено тенденції змін річних, сезонних і місячних показників тривалості сонячного сяйва, температури атмосферного повітря, кількості опадів, відносної вологості повітря; 2) досліджено структуру природного року й тенденції змін тривалості й хронологічних меж метеорологічних пір року; 3) виявлено тісноту зв'язку аналізованих метеопараметрів.

Апробація матеріалів роботи. Окремі результати дослідження опубліковано у збірнику наукових статей «ΛΟΓΟΣ» VI за матеріалами Conferenza scientifica e pratica internazionale «Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realtà domestiche» (Bologna, 15 novembre, 2024) [50].

Обсяг і структура роботи. Наукова робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел (83 найменування), викладена на 55 сторінках друкованого тексту, вміщує 34 рисунки, 6 таблиць. Загальна кількість сторінок – 65.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІН КЛІМАТУ

1.1. Основні кліматичні характеристики

Клімат – «багаторічний режим погоди на даній території». В одних типах клімату погода змінюється щодня чи за сезонами, в інших – залишається незмінною. Клімат – динамічне явище на планеті: льодовикові періоди чергувалися з більш комфортними проміжками тепла, в одному з яких ми зараз і живемо. Причинами цього могли бути коливання інтенсивності сонячного випромінювання, зміни параметрів земної орбіти, циркуляція океанічних течій, вулканічні виверження тощо [27; 28].

Основними характеристиками клімату є кількість сонячної радіації, тривалість сонячного саява, радіаційний баланс поверхні, атмосферний тиск, швидкість і напрям вітру, температура атмосферного повітря, кількість опадів, абсолютна й відносна вологість повітря, тривалість пір року.

Сонячна радіація (електромагнітне випромінювання Сонця) є головним джерелом теплової енергії всіх природних процесів і має важливе значення для життєдіяльності людини. Розрізняють пряму, розсіяну, сумарну, відбиту, поглинуту види сонячної радіації.

Важливою характеристикою радіаційного режиму є тривалість сонячного саява – «це тривалість часу протягом доби, місяця, року, коли сонце в даній місцевості знаходиться над горизонтом і не приховане за хмарами, туманом, імлою тощо, тобто, коли сонячні промені залишають слід на стрічці геліографа». Залежить від тривалості дня, хмарності й закритості горизонту; вимірюється числом годин, протягом яких сонце освітлює місцевість; практично лінійно корелює з сумарною радіацією [20; 69].

Радіаційним балансом земної поверхні називають різницю між поглинутою радіацією і ефективним випромінюванням поверхні [20; 69].

Тиск повітря – характеристика фізичного стану атмосфери, яка зумовлює динамічні процеси в ній, зокрема горизонтальне переміщення повітря. Атмосферний тиск – «вага стовпа повітря від верхньої межі атмосфери до певного рівня на земній поверхні». Вимірюють ртутним барометром, анероїдом. Одиниці вимірювання – мм. рт. ст., паскаль, бар [20; 69]. Коли тиск повітря високий, це зазвичай свідчить про гарну погоду, а низький тиск часто вказує на можливість штормів та опадів.

Від розподілу атмосферного тиску в просторі й змін його в часі залежить вітер – горизонтальне переміщення повітря. Напрямок вітру характеризують повторюваністю за вісьмома румбами. Панівним є румб з найбільшою повторюваністю. Графічним відображенням повторюваності напрямків вітрів за певний проміжок часу є роза вітрів. Швидкість вітру – це швидкість руху повітря; залежить від баричного градієнту та умов циркуляції атмосфери. Вимірюють анемометром. Одиниці вимірювання – м/с, вузли [20; 69]. Вітри переносять тепло та вологу з одного місця в інше, впливаючи на погодні умови в різних районах. Вітер визначає також загальний напрямок та площу поширення забруднюючих речовин [7; 9].

Температура повітря є один із термодинамічних параметрів стану атмосфери і характеризує міру тепла в повітрі, вимірюється термометром (ртутним або спиртовим). Просторово-часовий розподіл середніх місячних і річних значень температури повітря залежить від географічного положення, радіаційного режиму, циркуляції атмосфери та підстильної поверхні [20]. Коливання температури можуть створювати різницю в тиску повітря, що спричиняє вітер. Крім того, температура може впливати на кількість вологи в повітрі, що може призвести до утворення хмар та опадів [9]. Температура та сонячна радіація відіграють важливу роль у хімічних реакціях, що відбуваються в атмосфері і з яких утворюється фотохімічний смог з інших забруднювачів [7].

Атмосферні опади – «вода в рідкому чи твердому стані, що випадає з хмар чи безпосередньо з повітря на земну поверхню та предмети. Вимірюють

дощомірами, опадомірами, пловіографами на метеостанціях, або за допомогою радіолокації (для великих площ). Кількість опадів виражають у мм шару води, що випала, а інтенсивність – у мм/хв, мм/год, мм/добу» [30; 69]. Опади мають важливу екологічну функцію. Дощ має ефект «поглинання», вимиваючи тверді частинки з атмосфери та розчиняючи газоподібні забруднювачі. Видалення домішок покращує видимість. Там, де часто йдуть сильні опади, якість повітря, як правило, краща. Разом з тим, рідкі опади розчиняють газоподібні забруднювачі, наприклад, діоксид сірки, що спричиняє кислотні дощі і може завдати потенційної шкоди матеріалам або рослинності [7].

Вологість повітря – «вміст водяної пари в повітрі». Відносна вологість – «відношення між кількістю водяної пари, що міститься в повітрі, та максимальною кількістю вологи в стані пари, яку повітря могло б утримувати за цієї температури (абсолютна вологість насичення)» [69]. Водяна пара, як і температура та сонячна радіація, відіграє важливу роль у багатьох теплових і фотохімічних реакціях в атмосфері. Оскільки молекули води малі та дуже полярні, вони можуть міцно зв'язуватися з багатьма речовинами. Якщо вони приєднуються до завислих у повітрі частинок, то можуть значно збільшити частку розсіяного світла. Якщо молекули води приєднуються до корозійних газів, таких як діоксид сірки, то утворить кислотний розчин, який може завдати шкоди здоров'ю та майну [7]. На вологість повітря впливає кілька взаємопов'язаних чинників: температура (тепліше повітря може утримувати більше вологи, ніж холодніше), випаровування (швидкість випаровування з водойм збільшується з підвищенням температури, швидкості вітру та сонячного світла, що сприяє підвищенню вологості повітря), географічне положення (близькість до великих водойм зазвичай призводить до вищого рівня вологості), абсолютна висота місцевості (вологість зазвичай зменшується з висотою, адже піднімаючись, повітря охолоджується, що призводить до конденсації та опадів, і, як наслідок, зменшення вмісту вологи в повітрі на великих висотах), баричні умови (області низького тиску часто

приносять вологе повітря та опади, тоді як області високого тиску – більш сухі умови), рослинність (території з густою рослинністю можуть мати вищу вологість через транспірацію), сезонні зміни (влітку в багатьох регіонах зазвичай вища вологість, ніж взимку, через вищі температури і випаровування), діяльність людини (урбанізація та промислова діяльність можуть впливати на місцевий рівень вологості через зміни у землекористуванні, управлінні водними ресурсами та викидами, що впливають на температуру та якість повітря) [11].

1.2. Тенденції сучасних глобальних кліматичних змін

Очевидний факт, що клімат на планеті стрімко трансформується: змінюється середньорічна температура повітря й верхнього шару океанічних вод, тануть шельфові, гірські й покривні льодовики, піднімається рівень Світового океану, зменшується ареали й глибина поширення кріолітозони тощо. За останні 150 років температура атмосферного повітря загалом зросла більше як на 1°C . Однак, потепління відбувається нерівномірно на планеті: в одних регіонах частішають шторми й зливи, а в інших посилюється засухи [21; 28].

З кінця 1970-их років тенденція до глобального потепління в середньому зростала приблизно на $0,2^{\circ}\text{C}$ за десятиліття. Разом із цим існують природні коливання річних глобальних температур з року в рік приблизно до $0,3^{\circ}\text{C}$. Темпи потепління фоновому кліматологічного стану зростають з кінця 1970-их років до наших днів. Вони змінюються від $0,19^{\circ}\text{C}$ за десятиліття в середині тридцятирічного періоду 1979–2008 років до $0,24^{\circ}\text{C}$ за десятиліття наприкінці 2024 року. Минулий 2024 рік був найбільш теплим роком за увесь період неперервних спостережень, починаючи з 1850 року – вперше середня температура повітря перевищила доіндустріальний рівень на $1,5^{\circ}\text{C}$. Також було побито багато рекордів за вмістом парникових газів, а також за температурою атмосферного повітря й температурою верхніх шарів морських вод, кількістю днів із екстремальним «тепловим стресом». Також 2024 рік був

найтеплішим роком за всю історію спостережень і в Європі. Середньорічна температура становила $10,69^{\circ}\text{C}$, що на $0,28^{\circ}\text{C}$ вище, ніж попередній найтепліший 2020 рік. Усі чотири європейські пори року були теплішими ніж зазвичай. Найтепліше було в Центральній, Східній та Південно-Східній Європі. Вищі за середні значення температури поверхневих вод були зареєстровані в більшості океанічних басейнів, особливо в Північній Атлантиці, Західній частині Тихого океану та Індійському океані. Це спричинило низку стихійних явищ, таких як повені, «хвилі тепла» та масштабні лісові пожежі. Слід зауважити, що усі останні десять років були найтеплішим десятиріччям за всю історію спостережень. Кожен місяць у період із січня по червень 2024 року був теплішим, ніж відповідний місяць будь-якого попереднього року. З середини 2023 до кінця 2024 року найбільший вплив на глобальне потепління мали тропічні океанічні та північні середньоширотні суходільні райони [6].

У 2024 році досягла свого найвищого значення і середньорічна кількість водяної пари в областях між полярними колами обох півкуль – на 4,9 % вище середнього показника за 1991–2020 роки. Це значно перевищує друге найвище значення (3,4 %), зафіксоване у 2016 році, та третє найвище значення (3,3 %), зафіксоване у 2023 році. Водяна пара відіграє вирішальну роль у кліматичній системі, оскільки вона значною мірою сприяє природному парниковому ефекту Землі. На відміну від інших парникових газів, таких як вуглекислий газ і метан, концентрація водяної пари безпосередньо не залежить від діяльності людини. Однак, з потеплінням атмосфера може утримувати більше водяної пари (приблизно на 7 % більше на кожен додатковий градус Цельсія). У свою чергу, більший вміст водяної пари ще більше посилює потепління. Підвищена вологість в атмосфері також підвищує потенціал для екстремальних опадів і забезпечує енергією для інтенсивніших тропічних штормів. На рекордно високе значення водяної пари у 2024 році вплинуло поєднання посиленого випаровування з поверхні океану через вищі температури поверхні моря та здатності теплішої атмосфери утримувати більше вологи [6].

Прогноз Метеорологічного бюро вказує, що 2025 рік, ймовірно, стане третім, або навіть другим, найтеплішим роком за всю історію спостережень у світі. Принаймні один рік між 2024 і 2028 роками буде більш ніж на $1,5^{\circ}\text{C}$ теплішим від 1850–1900 років і стане найтеплішим роком за всю історію спостережень. У звіті зазначається, що один рік у цей період може досягти навіть $1,9^{\circ}\text{C}$ вище рівня 1850–1900 років [6].

Результати досліджень показують, що до 2100 р. середня температура на планеті зросте на 3°C . Унаслідок цього світове господарство втратить приблизно 3 % економічного зростання [26].

Звісно, і для території України також характерні зміни клімату. У XXI столітті кожен рік в Україні був теплішим від середньостатистичних показників за довготривалий період. Минулий 2024 рік став найтеплішим у Києві за всі 175 років спостережень (до цього лідером був 2020 р.). Найбільші аномалії спостерігалися в лютому та вересні, коли температура перевищувала норму на понад 5°C [1].

З 1980 року в Україні температура зростає на $0,4\text{--}0,6^{\circ}\text{C}$ за десятиліття, випереджаючи середні темпи зростання в Європі. За цей період у країні потеплішало майже на $1,5^{\circ}\text{C}$, при цьому середня температура повітря на поверхні зросла з $9,75^{\circ}\text{C}$ у 1992 році до $11,58^{\circ}\text{C}$ у 2022 році. За сценарієм RCP 8.5, річне підвищення температури може перевищити 4°C до кінця століття, причому найбільший вплив очікується у східних та північно-східних регіонах України. Очікується також, що річний сезонний цикл зміниться: літні місяці стануть довшими та спекотнішими, а зими теплішими, що вплине на екосистеми та рослинність [2].

Підвищення температури повітря змінило режим зволоження в Україні. Наразі спостерігається значні щорічні коливання кількості опадів, причому деякі роки є дуже вологі, а інші дуже сухі. За всіма сценаріями, особливо за RCP 8.5, прогнозується подальше збільшення річної кількості опадів до кінця століття. Сценарій RCP 8.5 також вказує на помітні просторові відмінності. Очікується, що південні та центральні області стануть сухішими, тоді як

північні й західні області – більш вологими. Також очікується збільшення частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, включаючи спеку, грози, сильні опади, повені та посухи. Згідно з Індексом ризику INFORM 2023, Україна класифікується як країна з високим рівнем ризику стихійних лих та низьким рівнем спроможності долати ці проблеми. Ці зміни вплинуть на екосистеми та ключові сектори економіки. Згідно зі сценарієм RCP 8.5, прогнозується, що врожайність усіх сільськогосподарських культур, окрім пшениці та сої, значно знизиться до 2050 року. Крім того, постраждають енергетичний та інфраструктурний сектори; очікується, що прогнозоване підвищення температури, стихійні погодні явища та дефіцит води призведуть до збільшення попиту на енергію, одночасно створюючи додаткове навантаження на інфраструктуру [2].

1.3. Історія досліджень кліматичних змін в Україні та світі

Наукові дослідження змін клімату розпочалися на початку 19-го сторіччя. Деякі вчені стверджують, що коливання клімату найімовірніше пов'язане із циклічністю сонячної активності (мінливістю утворення сонячних плям – гігантських електромагнітних вихрових утворень). На сьогодні виявлено тісний зв'язок між сонячною активністю та фізичними процесами у верхніх і нижніх шарах атмосфери. Таким чином, глобальні коливання клімату відбуваються через зміни характеру загальної циркуляції атмосфери. Результатом трансформації глобальної циркуляції повітряних мас на планеті, в Європі зокрема стала зміна рози вітрів. Багато вчених схиляється до думки, що глобальне потепління викликане зміщенням геомагнітних полюсів земної осі внаслідок впливу космічних чинників. Як результат, планета сповільнилася приблизно на 1 секунду в рік. Через це збільшилася кількість теплової енергії. Це змінило альбедо планети, її орбітальні параметри, підвищило приземну температуру повітря, вплинуло на океанічні течії, головна з яких – Гольфстрім. Його швидкість уповільнилася на 20 %. Повітряні маси, насичені вологою з Атлантичного океану, насамперед з Гольфстріму, пересуваючись над

просторами Європи з заходу на схід, поступово зрошують земну поверхню відносно регулярними дощами, відсікаючи вторгнення холодного повітря з Арктики або сухого й гарячого з внутрішніх районів Азії чи Африки. Ослаблення тиску повітряного потоку зі сторони Гольфстріму, можливо, і є головною причиною проникнення сухих повітряних течій з півдня та сходу, що сприяє підвищенню температури повітря та посухам, а також проникнення холодного повітря в теплий період року, що зумовлює заморозки та різкі похолодання, суттєво нижчі норми. Ще однією з гіпотез глобальних змін клімату на планеті кліматологи вважають антропогенний вплив на природу. Інтенсивне зростання виробничих викидів «підігріває» нашу атмосферу через збільшення «парникових» газів (вуглекислий газ, чадний газ, метан, оксиди азоту тощо): вони пропускають видиме світло до поверхні, затримуючи теплове випромінювання [62].

З метою оцінки ризиків, пов'язаних зі зміною клімату, розроблення стратегій адаптації до них у 1988 р. було створено першу організацію з питань зміни клімату ВМО – Міжурядову групу з питань зміни клімату (ІРСС). Доповіді ІРСС вважаються найавторитетнішим джерелом інформації про сучасні кліматичні трансформації [3; 14].

Зміни метеопараметрів на території України та їх розподіл у просторі перебувають у полі зору багатьох вчених, серед яких В. Осадчий, В. Бабіченко, В. Балабух, А. Чиняк, М. Приходько, С. Решетченко, Є. Борискіна, Є. Грекова, А. Колотухіна, С. Сніжко, Л. Малицька, Г. Довгаль, С. Ягодинець, О. Лавриненко, І. Штупун, В. Затула, В. Мартазінова, Я. Кихтенко, Т. Музика, Л. Недострелова, І. Олексієнко, Р. Олійник, С. Пясецька, О. Щеглов, Л. Рибченко, С. Савчук, В. Шпиг, А. Ціла [41; 63; 66; 79].

Тенденції змін прояву суховіїв в умовах потепління клімату на території України вивчають О. Татарчук, М. Барабаш, А. Бабич, А. Бабич-Побережна [17; 75].

Вплив кліматичних змін на стан здоров'я населення відобразили Г. Катеруша, Т. Сафранов, О. Катеруша [32].

Особливості кліматичних змін в урбосередовищі досліджували В. Лялько, Г. Крилова, В. Філіпович, І. Маринін, О. Дрінчер, М. Матвієнко, В. Стельмах, І. Нетробчук [35–37; 71].

Оцінку вразливості до зміни клімату в Україні дали в публікації О. Шевченко, О. Власюк, І. Ставчук, М. Ваколюк, О. Ілляш, А. Рожкова [81].

Вплив кліматичних змін на гідрологічні процеси і явища, системи водопостачання досліджували І. Буць, А. Николаєв, Ю. Тучковенко, В. Хохлов, Н. Лобода, Д. Кушнір, Е. Серга, О. Рибалова, О. Бригада, О. Ільїнський, С. Артем'єв, О. Бондаренко [18; 67; 68].

Питанням вивчення змін клімату та їх впливу на галузі економіки України займаються такі вчені як С. Степаненко, А. Польовий, Є. Школьний, Е. Серга, В. Хохлов, В. Бондаренко; Г. Боровська, Л. Латиш, Ж. Волошина, О. Волошина, І. Хоменко, О. Врублевська, О. Казаков, М. Трегубова, М. Головатюк, Г. Катеруша, Л. Божко, Л. Польова, С. Мажура, О. Дронова, М. Кульбіда, Т. Адаменко, І. Трофімова, В. Антоненко, О. Барсукова, О. Жигайло, С. Свідерська, О. Вольвач, Н. Лобода [42].

Позитивні й негативні наслідки потепління клімату для сільського господарств відобразили в своїх публікаціях В. Кернасюк, К. Прокопенко, Л. Удова, Т. Адаменко, В. Вожегова, О. Нечипоренко, М. Приходько, Sergiy Zorya, Leah Soroka, Oleg Nivievsky, Mariia Bogono, Roman Neyter and Valentyn Lytvynov, В. Писаренко, П. Писаренко, О. Шевченко [8; 13; 19; 24; 33; 40; 62; 64; 65; 80].

Очевидний вплив на клімат України має і матиме війна, яка триває на її території через вторгнення росії. З одного боку, війна сприяла зменшенню викидів парникових газів через скорочення промислового виробництва та руйнування енергетичних об'єктів, але, з іншого боку, з'явилися нові викиди парникових газів, пов'язані з військовими операціями, а також відбулося погіршення стану довкілля – зниження якості повітря та ґрунтів, підвищення ризиків лісових пожеж. Хімічні речовини з боєприпасів та інші забруднювачі, а також пошкодження внутрішніх водних шляхів та морської інфраструктури,

ймовірно, матимуть ще довгострокові наслідки для здоров'я людини й біорізноманіття екосистем [10]. Вплив російсько-української війни на зміни клімату охарактеризовано в публікації [5].

Вивченням кліматичних змін у Волинській області присвячені праці Т. Павловської, Ю. Білецького, М. Федонюка, В. Федонюк, А. Прохоренка, О. Рудика, І. Нетробчук, В. Стельмах, Н. Тарасюк [43]. До списку праць цих авторів належать дослідження тенденцій змін тривалості сонячного сяйва [54; 56], термічного режиму атмосферного повітря в регіоні [39; 45; 46], вітрового режиму [49], багаторічного та внутрішньорічного річного режиму випадання опадів [47; 50; 57], відносної вологості повітря [52; 53; 55; 60], структури природного року та її змін в умовах глобальних кліматичних трансформацій [38; 44; 48; 51; 58; 59].

Попри значну кількість публікацій про клімат Волині, існує ще багато аспектів дослідження змін метеопараметрів регіону, які потребують глибокого аналізу. Представлене дослідження є одним із них. Результати наукових вишукувань сприятимуть деталізації вивчення локальних і регіональних кліматичних трансформацій з метою розробки науково обґрунтованої стратегії адаптації до змін в природі.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНІ РИСИ ПРИРОДНИХ УМОВ ЛУЦЬКА

2.1. Геолого-геоморфологічна будова

У геологічній будові території міста присутні відклади різного часу. Найдавнішими з них є докембрійські, що залягають на глибині понад 1 км; зверху вони покриті товщею осадових відкладів, найпотужнішими з яких є мергельно-крейдяні. Вище залягають відклади палеогену, неогену та антропогену. Останні мають суцільне поширення, представлені алювіальними та флювіогляціальними піщано-суглинистими відкладами з глибинами залягання 1,0–15,0 м, а також лесовими відкладами потужністю від 2,0–3,0 м до 30,0 м [16; 25].

Територія міста розташована в межах Волинської лесової височини з характерними особливостями природи: значним поширенням надзаплавних терасових місцевостей з опідзоленими й малогумусними чорноземами, широкими заплавами з поширенням лучно-болотних місцевостей тощо. За геоморфологічними ознаками місто розташоване на тектонічному піднятті в перехідній зоні від Волино-Подільської височини до Поліської низовини [25].

2.2. Погодно-кліматичні умови

Луцьк знаходиться у помірному кліматичному поясі. Атлантико-континентальне перенесення повітряних мас формує помірний, вологий клімат з м'якою зимою, теплим літом, затяжними весною та осінню. Основними баричними центрами дії атмосфери, що найбільше впливають на циркуляцію повітряних мас на досліджуваній території є Ісландський та Середземноморський мінімуми, Арктичний, Азорський, Азійський максимуми. Річний прихід сумарної сонячної радіації перевищує 90 ккал/см². Річна тривалість сонячного саява коливається у діапазоні 1700–2000 год, атмосферний тиск – у межах 985–1000 гПа. Переважають вітри західного й північно-західного напрямків зі швидкістю – 2,0–5,0 м/с. Середньорічна

температура повітря найчастіше варіює в межах 8–10°C. Річні суми опадів змінюються переважно від 500 до 800 мм, середня річна вологість повітря – від 75 до 80 %, тривалість безморозного періоду – 170–200 днів [29; 43]. У цілому погодно-кліматичні умови області сприятливі для життєдіяльності людини.

2.3. Поверхневі води

Найбільшою водною артерією Луцька є р. Стир – права притока Прип'яті. Ширина її на перекатах в меженний період становить 5,0–15,0 м, на плесах – 20,0–65,0 м, іноді до 100,0 м. Глибина річки на перекатах – 0,5–1,5 м, на плесах – 8,6–11,0 м. Русло помірно звивисте. Протяжність р. Стир на території міста становить близько 11 км. Річка вступає у Волинську область біля с. Мерви. До м. Луцька річка тече у вузькій заплаві, яка за містом розширюється до 1,5 км. Ширина Стиру біля Луцька – 20,0–25,0 м, глибина – 1,5–3,5 м. Заплава заболочена й заторфована. Основними притоками є праві – Конопелька, Сапалаївка, ліві – Черногузка, Жидувка, Омеляник, Зміїнець. Окрім річок, у Луцьку також є ставки й болота, наприклад Теремнівські ставки (у східній частині міста) – гідрологічна пам'ятка природи місцевого значення. Загальна площа водних об'єктів на території міста становить близько 105 га [73].

2.4. Ґрунтовий покрив

У ґрунтовому покриві досліджуваної території домінуючими є опідзолені типи ґрунтів – чорноземи, темно-сірі, сірі й світло-сірі. Найбільше вони поширені в східній частині міста. Де-не-де (в південній та західній частинах міста) сформувались чорноземи неглибокі малогумусні. Заплави та надзаплавні тераси зайняті гідроморфними ґрунтами – найбільш родючими лучно-чорноземними, лучними, а також менш родючими дерновими, лучно-болотними, болотними [16; 73]. Ґрунтовий покрив населеного пункту зазнає

інтенсивного навантаження з боку людини: землі широко використовуються у господарстві, є досить виснаженими та забрудненими.

2.5. Ландшафти, їх рослинний і тваринний світ

На досліджуваній території переважають лісостепові ландшафти, для яких типовим є повсюдне, за винятком заплав, поширення лесових і суглинистих порід, на яких сформувались ґрунти чорноземного типу під трав'яною рослинністю та сірі опідзолені ґрунти під широколистяними, дубово-грабовими лісами. Рельєф цих ландшафтів балковий, хвилястий, подекуди навіть яружний, що зумовлено первинним розчленуванням гіпсометричної поверхні Волинської височини. Рівнинні місцевості представлені переважно заторфованими місцевостями заплав і надзаплавними терасами Стиру й Черногузки, на яких поширені найбільші в області масиви чорноземних ґрунтів, глибоких і неглибоких [16; 25].

Серед деревної рослинності поширені дуб звичайний, клен звичайний, тополя пірамідальна, береза повисла, горобина звичайна, ясен звичайний, сосна звичайна, черешня тощо, багато видів кущів і чагарників. Серед лучної рослинності – пирій повзучий, грястиця збірна, тимофіївка польова, хрестовик звичайний, конюшина повзуча біла, будяк польовий, волошка синя, із водної і прибережної рослинності – рогіз широколистий, очерет звичайний, осока, верба біла [25; 73].

Фауну представляють синиця велика й вусата, дрізд співочий, зозуля звичайна, шпак звичайний, зяблик, вівсянка звичайна, крижень, погонич малий, черепаха болотна, курочка мала, заєць сірий, ласиця мала, лисиця звичайна та ін. Трапляються види, занесені до Червоної книги України та міжнародні природоохоронні списки. У місті налічується 7 об'єктів ПЗФ (орнітологічний заказник «Пташиний гай», загальнозоологічний заказник «Гнідавське болото», ботанічні пам'ятки природи «Дубовий гай», «Платан західний», «Меморіал», гідрологічна пам'ятка «Теремнівські ставки» і Луцький ботанічний сад «Волинь», що має статус загальнодержавного [31].

РОЗДІЛ 3

ДИНАМІКА ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУЦЬКА

УПРОДОВЖ 2001–2020 РР.

3.1. Тенденції змін річних і місячних значень тривалості сонячного саява

Тривалість сонячного саява у Волинській області визначають лише на метеостанції Ковель. Дані репрезентативні для всього регіону, у тім числі й для м. Луцька. Найбільші значення тривалості сонячного саява характерні для літніх місяців, а найнижчі – в листопаді–січні, що, насамперед, зумовлено тривалістю дня й хмарністю (рис. 3.1).

У травні, червні, серпні показники тривалості сонячного саява приблизно рівні. Раніше максимум годин сонячного саява припадав на червень, і відмінності значень цього показника між місяцями упродовж травня – серпня були більш вираженими, ніж в останні пів сторіччя (рис. 3.2).

На рис. 3.3 лінійний тренд демонструє певне зростання річних значень тривалості сонячного саява упродовж 2001–2020 рр. Взимку та навесні тривалість сонячного саява зменшується, а влітку й восени – зростає (рис. 3.4). Найбільш виражені зміни динаміки показників характерні для літнього періоду. Місячні значення тривалості сонячного саява найбільше зростають у квітні, червні, серпні, вересні, а найінтенсивніше спадають – у травні (рис. 3.5–3.8). У жовтні відсутні тенденції змін значень показника упродовж досліджуваного періоду.

Лінійні тренди коливань місячних, сезонних та річних значень тривалості сонячного саява на МС Ковель упродовж 2001–2020 рр. є статистично незначущими (табл. 3.1).

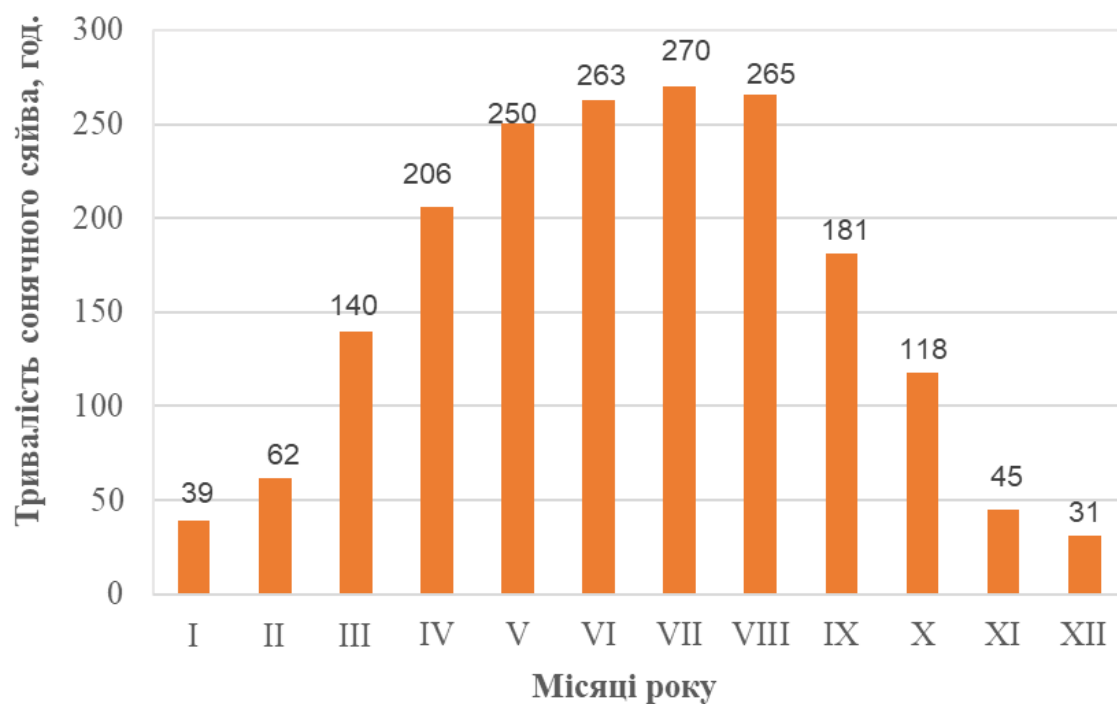


Рис. 3.1. Річний розподіл годин сонячного сяйва (усереднено дані ВОЦГМ за 2001–2020 рр.)

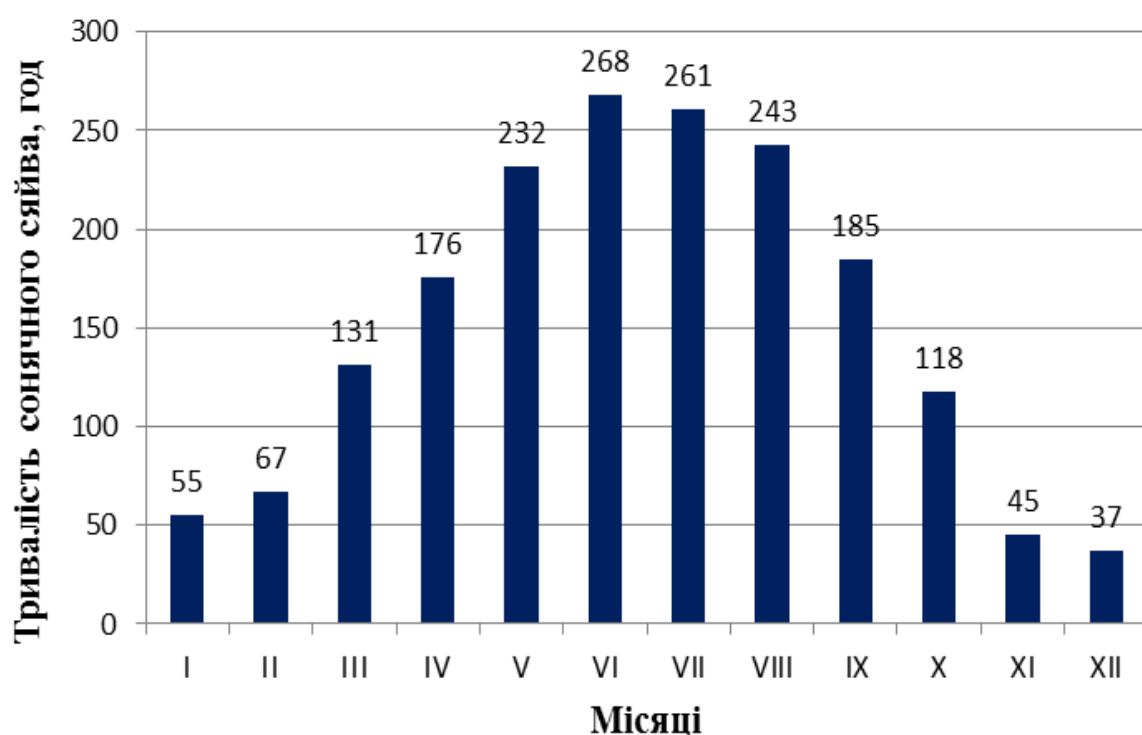


Рис. 3.2. Річний хід тривалості сонячного сяйва у XX [22]

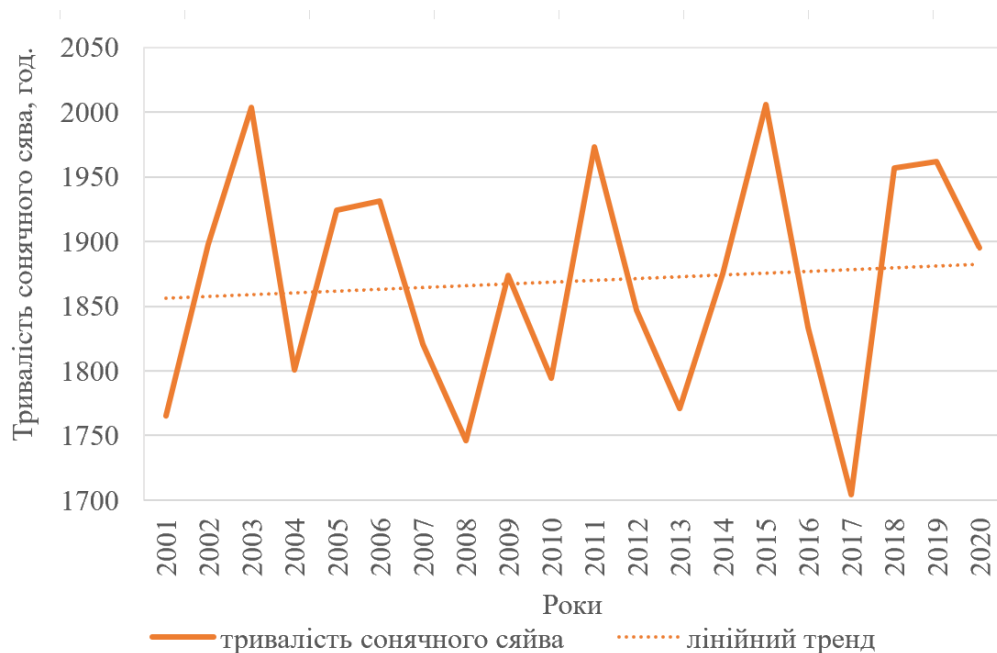


Рис. 3.3. Тенденції змін тривалості сонячного с'ява упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

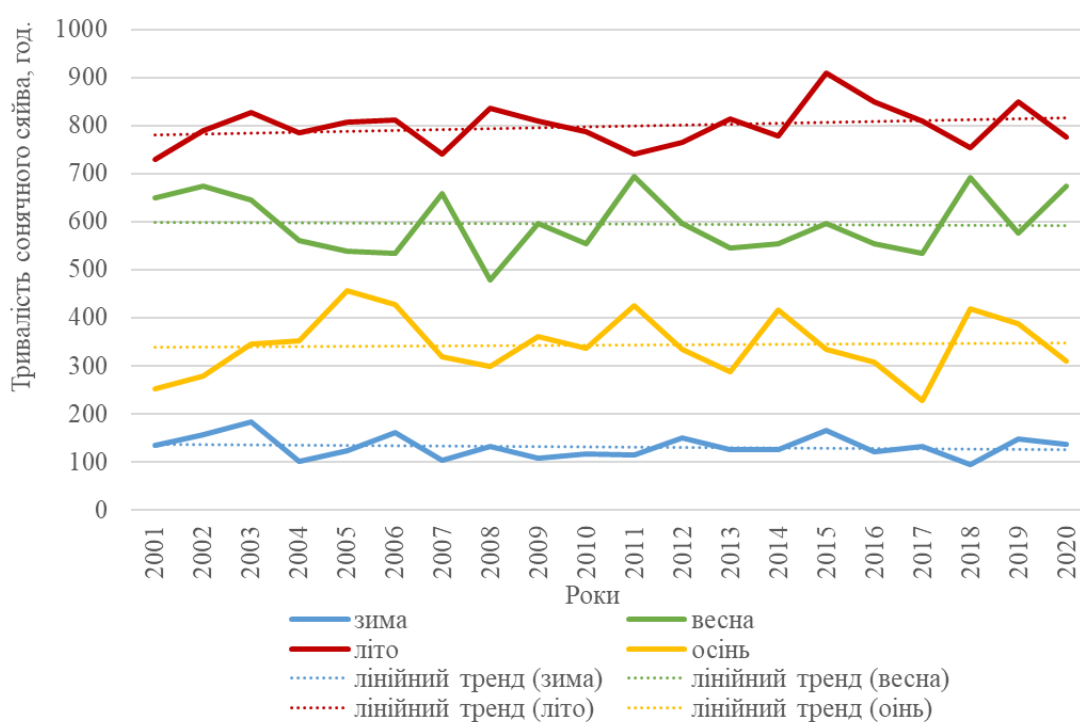


Рис. 3.4. Тенденції змін сезонних значень тривалості сонячного с'ява упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

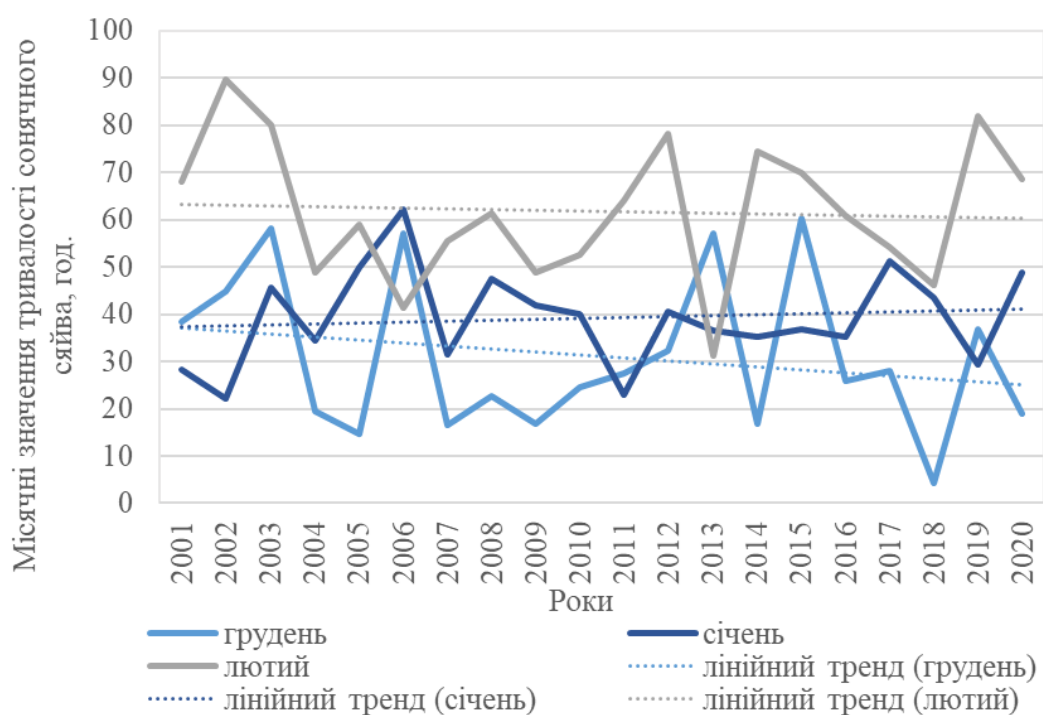


Рис. 3.5. Тенденції змін значень тривалості сонячного сяйва в зимові місяці на упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

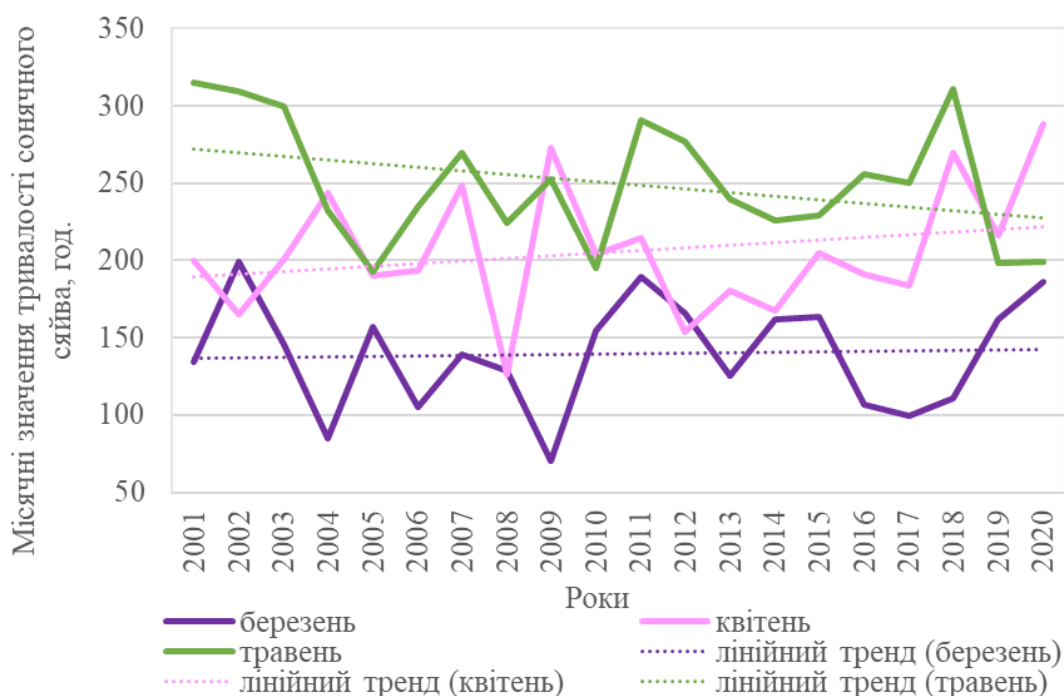


Рис. 3.6. Тенденції змін значень тривалості сонячного сяйва у весняні місяці на упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

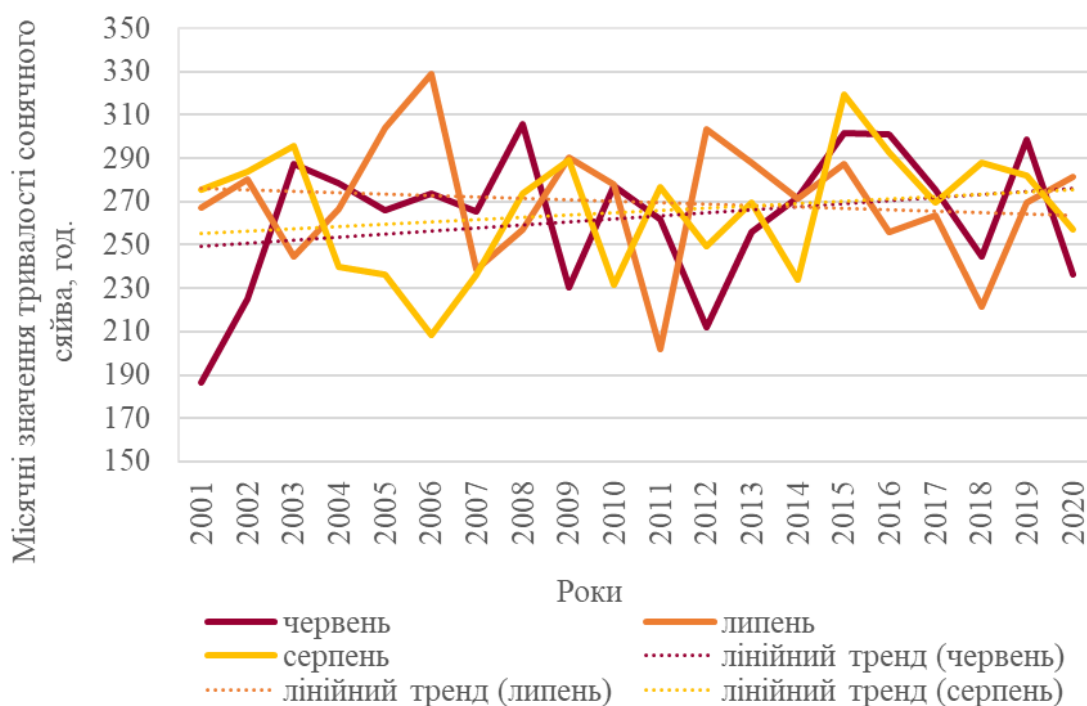


Рис. 3.7. Тенденції змін значень тривалості сонячного сяйва у літні місяці на упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

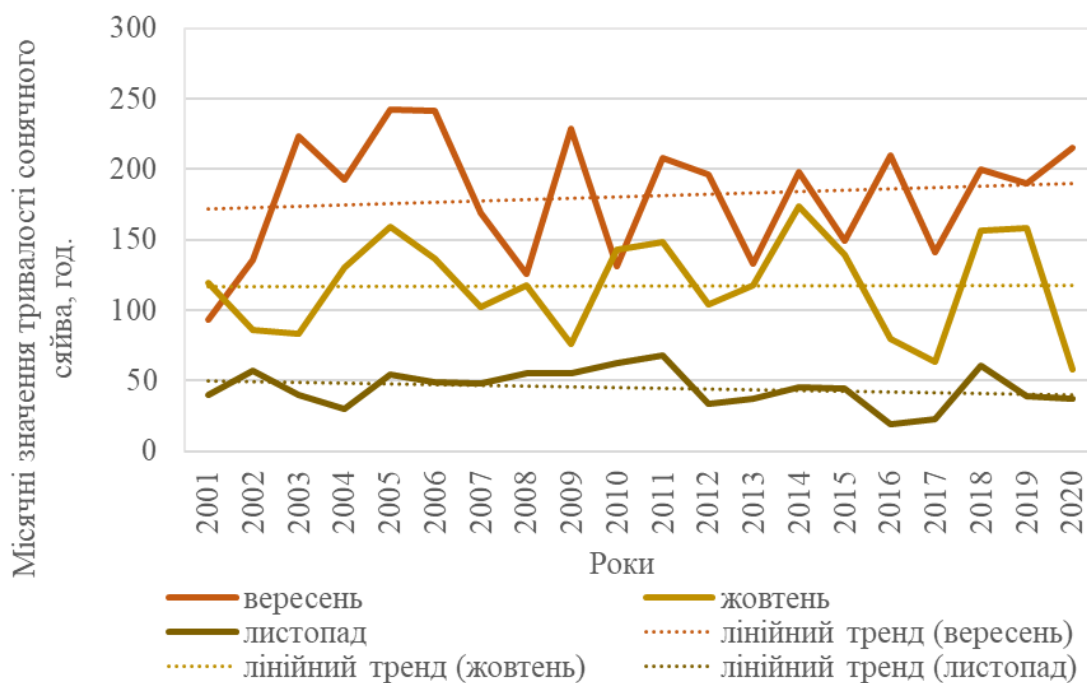


Рис. 3.8. Тенденції змін значень тривалості сонячного сяйва в осінні місяці на упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

Таблиця 3.1

**Тенденції змін місячних, сезонних і річних величин тривалості
сонячного сйива на МС Ковель і значущість виявлених трендів**

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R ²	R	σ_R	2 σ_R	Статистична значимість тренду
Січень	$y = 0,1992x + 37,074$	0,0138	0,117	0,226	0,452	незначущий
Лютий	$y = -0,1483x + 63,243$	0,0035	0,059	0,229	0,457	незначущий
Березень	$y = 0,3285x + 136,06$	0,003	0,055	0,229	0,457	незначущий
Квітень	$y = 1,7171x + 187,7$	0,0598	0,245	0,216	0,431	незначущий
Травень	$y = -2,3368x + 274,61$	0,1184	0,344	0,202	0,404	незначущий
Червень	$y = 1,4165x + 247,87$	0,0682	0,261	0,214	0,428	незначущий
Липень	$y = -0,6522x + 276,88$	0,0175	0,132	0,225	0,451	незначущий
Серпень	$y = 1,0464x + 254,45$	0,0494	0,222	0,218	0,436	незначущий
Вересень	$y = 0,951x + 171,21$	0,0168	0,130	0,226	0,451	незначущий
Жовтень	$y = 0,038x + 117,24$	—	—	—	—	—
Листопад	$y = -0,5492x + 50,642$	0,0612	0,247	0,215	0,431	незначущий
Грудень	$y = -0,6208x + 37,608$	0,0486	0,220	0,218	0,437	незначущий
Зима	$y = -0,5699x + 137,92$	0,0207	0,144	0,225	0,449	незначущий
Весна	$y = -0,2911x + 598,37$	0,0008	0,028	0,229	0,458	незначущий
Літо	$y = 1,8107x + 779,2$	0,0598	0,245	0,216	0,431	незначущий
Осінь	$y = 0,4398x + 339,1$	0,0018	0,042	0,229	0,458	незначущий
Річна	$y = 1,3894x + 1854,6$	0,0086	0,093	0,227	0,455	незначущий

Таким чином, тривалість сонячного сйива – показник, мінливий в часі, але тенденції її змін упродовж 2001-2020 рр. статистично незначущі.

3.2. Річний та багаторічний режими температури атмосферного повітря

Середня за досліджуваний період середньорічна температура повітря на МС Луцьк становить $8,8^{\circ}\text{C}$. Найтепліше в Луцьку влітку (зокрема, в липні), найхолодніше взимку (особливо в січні – $-2,9^{\circ}\text{C}$) (рис. 3.9). У минулому сторіччі річний розподіл значень температури повітря був таким же, але середньомісячні величини були значно нижчими (рис. 3.10).

Упродовж досліджуваного періоду простежується зростання середньорічної (рис. 3.11) і сезонних температур повітря (рис. 3.12), а також середніх температур усіх місяців (крім липня і травня, для яких характерна дуже слабо виражена тенденція до зменшення значень) (рис. 3.13–3.16).

Як бачимо з графічних побудов, у Луцьку відбуваються значні зміни температурного режиму повітря порівняно із минулим сторіччям. Тенденції зростання температури повітря у квітні, червні, серпні, вересні, грудні, а також середніх сезонних і середньорічної температури повітря є статистично значущими (табл. 3.2).

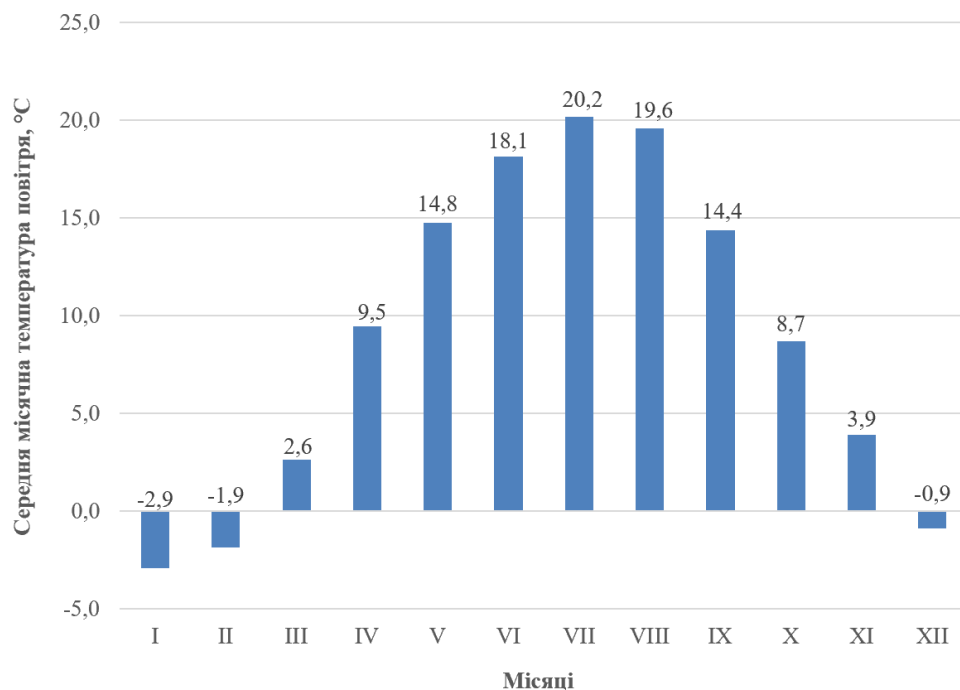


Рис. 3.9. Річний режим температури повітря на МС Луцьк (усереднено дані ВОЦГМ за 2001–2020 рр.)

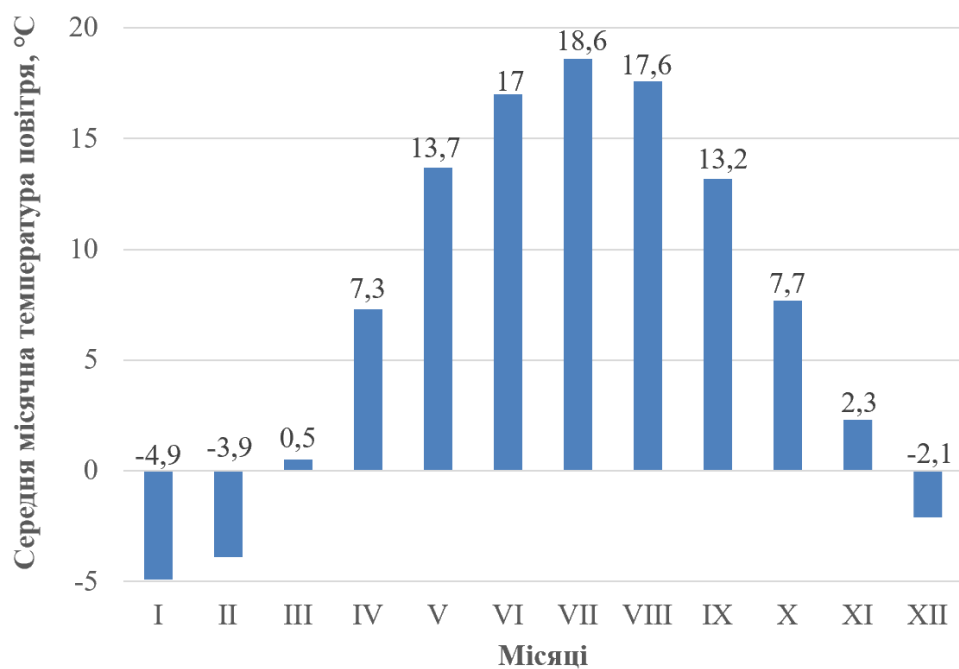


Рис. 3.10. Річний режим температури повітря на МС Луцьк у XX ст. [22]

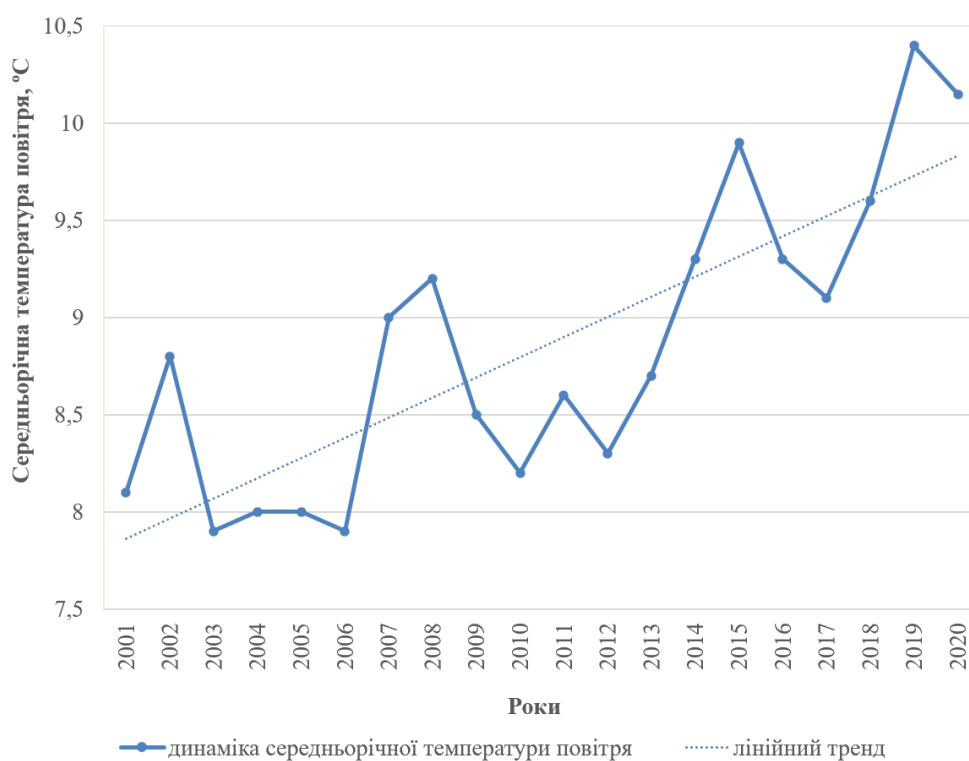


Рис. 3.11. Динаміка середньорічних температур повітря на МС Луцьк протягом 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

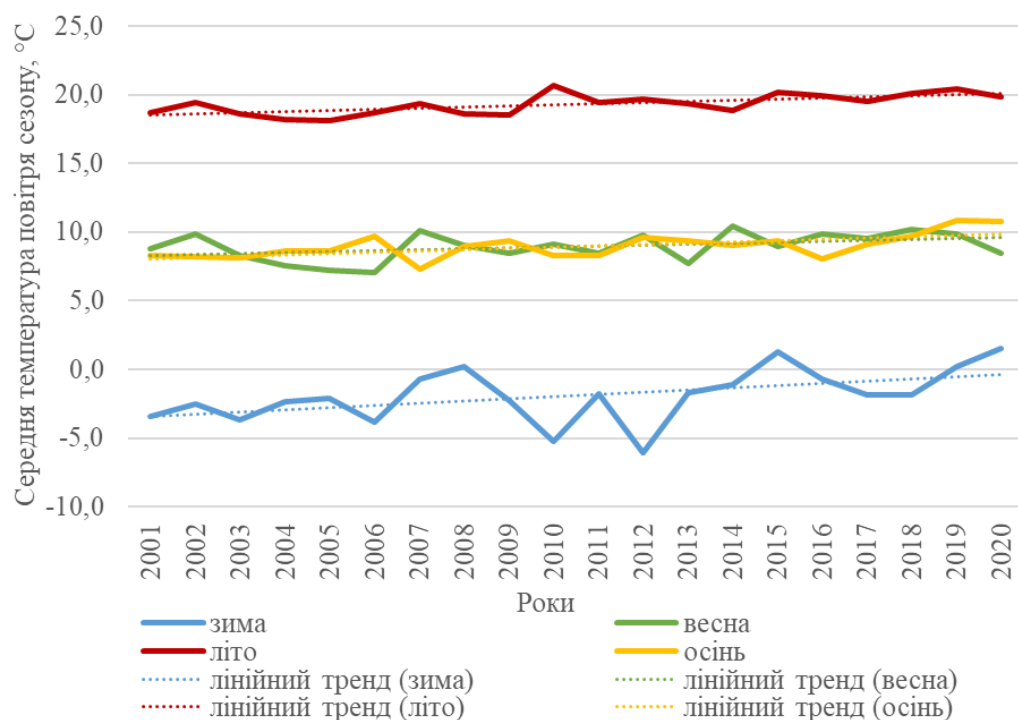


Рис. 3.12. Динаміка середніх сезонних температур повітря на МС Луцьк протягом 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

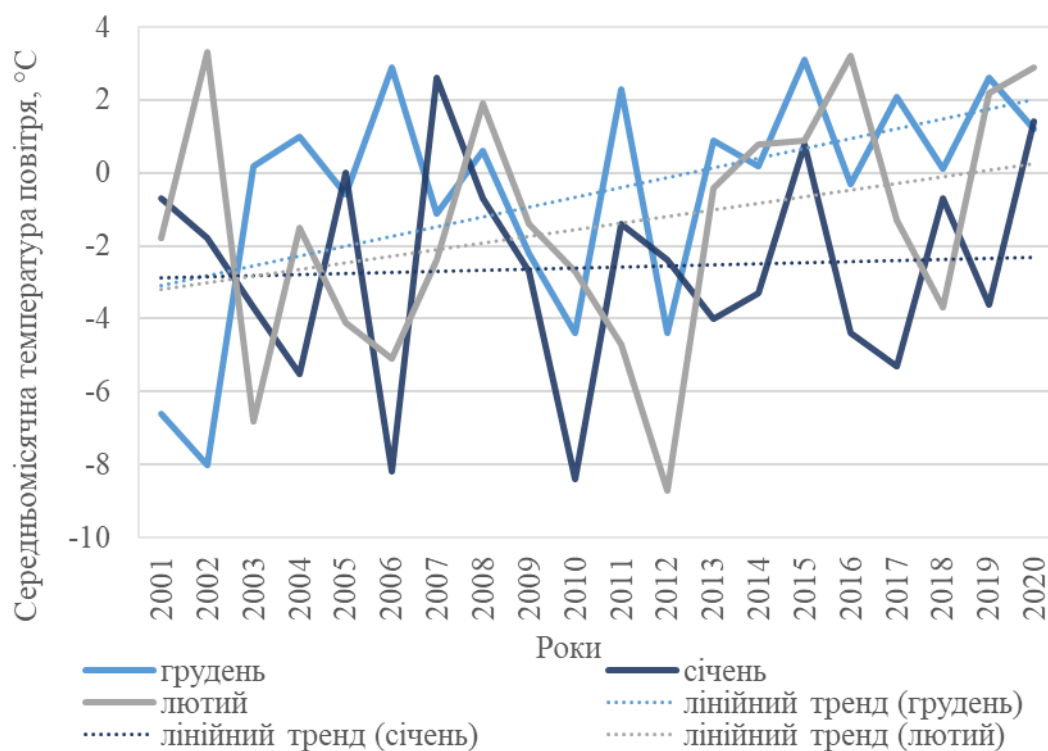


Рис. 3.13. Динаміка середніх температур повітря зимових місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

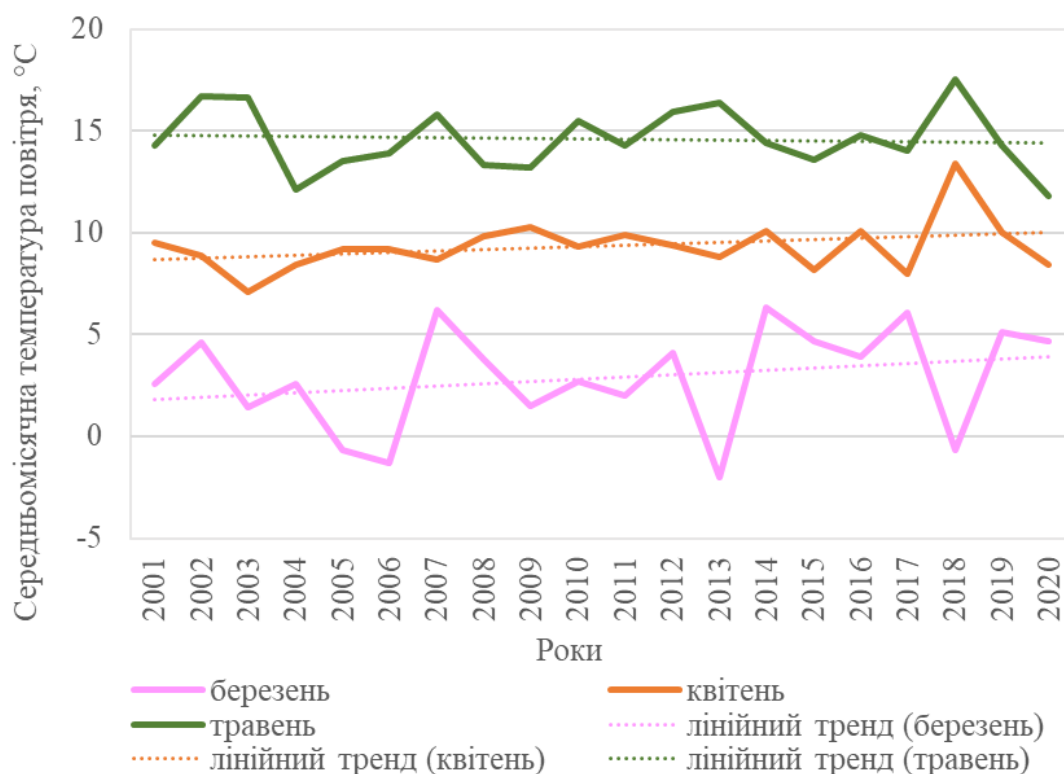


Рис. 3.14. Динаміка середніх температур повітря весняних місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

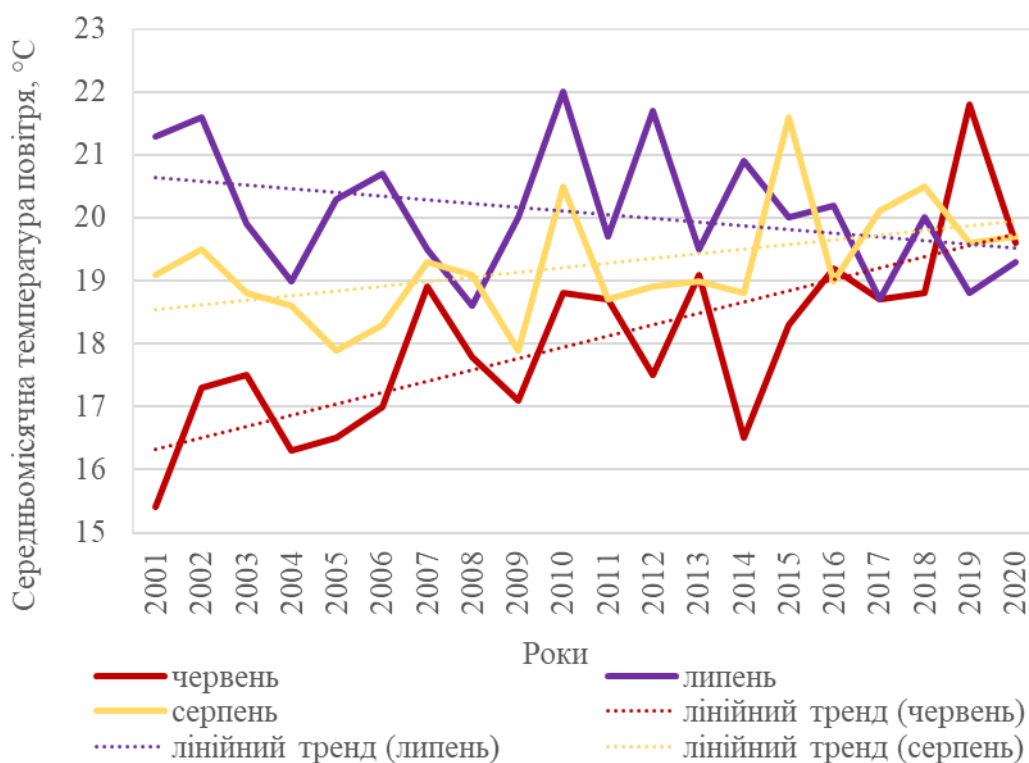


Рис. 3.15. Динаміка середніх температур повітря літніх місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

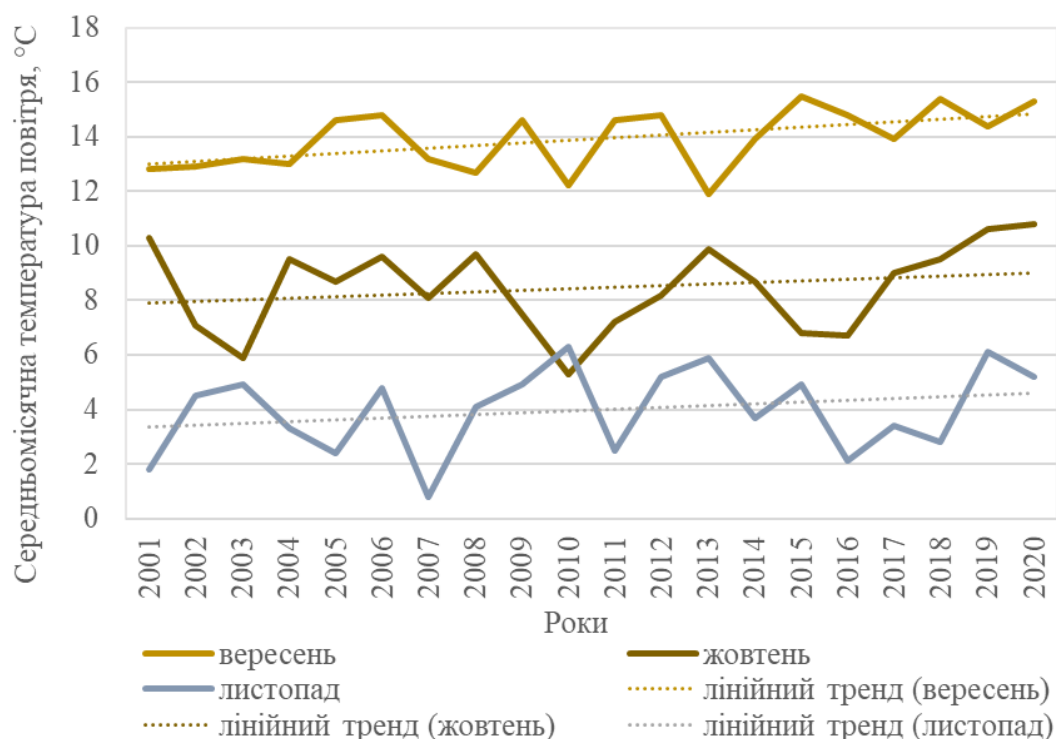


Рис. 3.16. Динаміка середніх температур повітря осінніх місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

Таблиця 3.2

Тенденції змін місячних, сезонних і річних значень температури атмосферного повітря на МС Луцьк і значущість виявлених трендів

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Січень	$y = 0,0289x - 3,2289$	0,0038	0,062	0,229	0,457	незначущий
Лютий	$y = 0,1872x - 3,8158$	0,1018	0,319	0,206	0,412	незначущий
Березень	$y = 0,1354x + 1,2132$	0,0878	0,296	0,209	0,419	незначущий
Квітень	$y = 0,0904x + 8,5011$	0,1554	0,394	0,194	0,388	значущий
Травень	$y = -0,0132x + 14,889$	0,0022	0,047	0,229	0,458	незначущий
Червень	$y = 0,1953x + 16,095$	0,5798	0,761	0,097	0,193	значущий
Липень	$y = -0,0421x + 20,642$	0,065	0,255	0,214	0,429	незначущий

Продовження таблиці 3.2

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R ²	R	σ_R	2 σ_R	Статистична значимість тренду
Серпень	$y = 0,1058x + 18,474$	0,3448	0,587	0,150	0,301	значущий
Вересень	$y = 0,1332x + 12,967$	0,3833	0,619	0,141	0,283	значущий
Жовтень	$y = 0,0857x + 7,81$	0,09	0,300	0,209	0,418	незначущий
Листопад	$y = 0,0696x + 3,1589$	0,058	0,241	0,216	0,432	незначущий
Грудень	$y = 0,2709x - 3,7195$	0,2645	0,514	0,169	0,337	значущий
Зима	$y = 0,1604x - 3,5761$	0,2361	0,486	0,175	0,351	значущий
Весна	$y = 0,0705x + 8,2028$	0,164	0,405	0,192	0,384	значущий
Літо	$y = 0,0855x + 18,409$	0,4614	0,679	0,124	0,247	значущий
Осінь	$y = 0,0961x + 7,9791$	0,3974	0,630	0,138	0,276	значущий
<i>Середньорічна</i>	$y = 0,1035x + 7,7608$	0,6407	0,800	0,082	0,165	значущий

Таким чином, значення температури повітря п'яти місяців року, усіх сезонів і року мають статистично значущі зміни упродовж 2001–2020 рр.

3.3. Багаторічна динаміка кількості опадів та їх внутрішньорічний розподіл

Середнє багаторічне (2001–2020 рр.) значення річних сум опадів на метеостанції Луцьк становить 609 мм. Найменша місячна сума опадів упродовж цього двадцятирічного періоду становила 1 мм у серпні 2015 року, а найбільша – 170 мм – у липні 2008 року. Упродовж року найбільше опадів випадає в липні, найменше – в лютому, березні й листопаді (рис. 3.17). У ХХ ст. місячні суми опадів та їх річний розподіл були дещо іншими (рис. 3.18).

Упродовж досліджуваного періоду річні суми опадів коливалися від 421 мм (у 2011 році) до 814 мм (у 2012 році) без виражених тенденцій змін у часі

(рис. 3.19, табл. 3.3). Взимку і навесні відбувається зростання кількості опадів, а влітку й восени – зменшення (рис. 3.20). Щодо місячних сум опадів, то зростання кількості опадів помітне у січні, червні, й, особливо, у травні та грудні (рис. 3.21–3.24).

Зміни сезонних і річних, а також місячних сум опадів, крім грудня, упродовж 2001–2020 рр. є статистично незначущими (див. табл. 3.3).

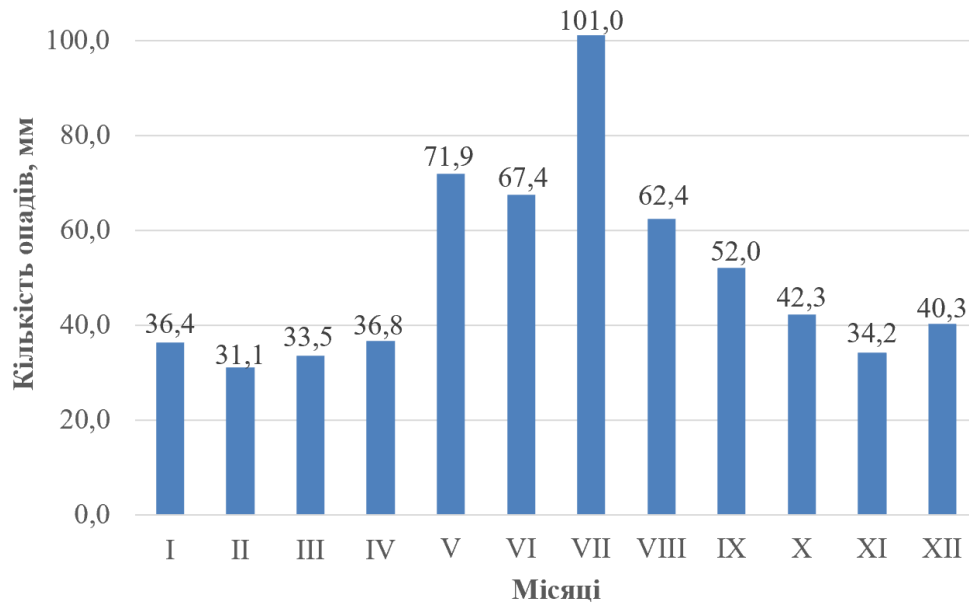


Рис. 3.17. Річний режим випадання опадів на МС Луцьк (усереднено дані ВОЦГМ за 2001–2020 рр.)

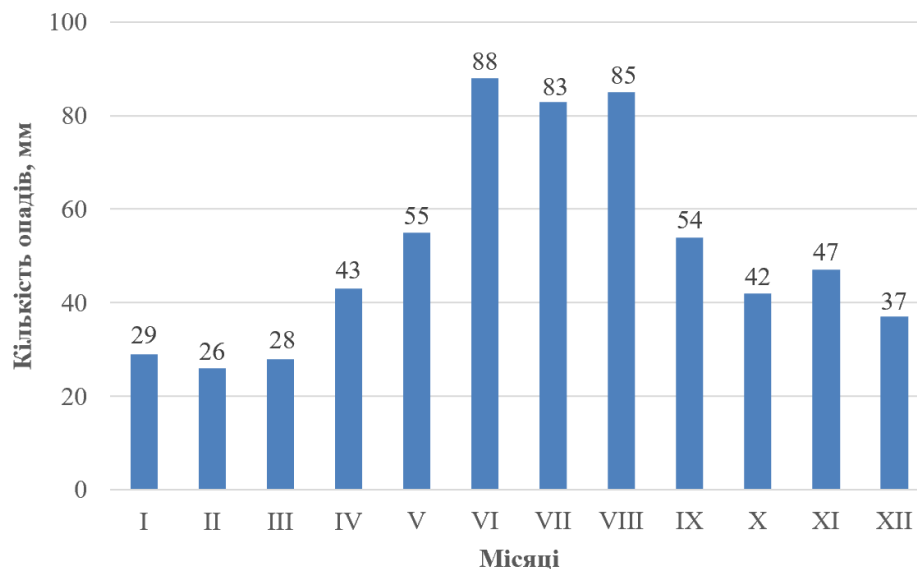


Рис. 3.18. Річний режим випадання опадів на МС Луцьк у XX ст. [22]

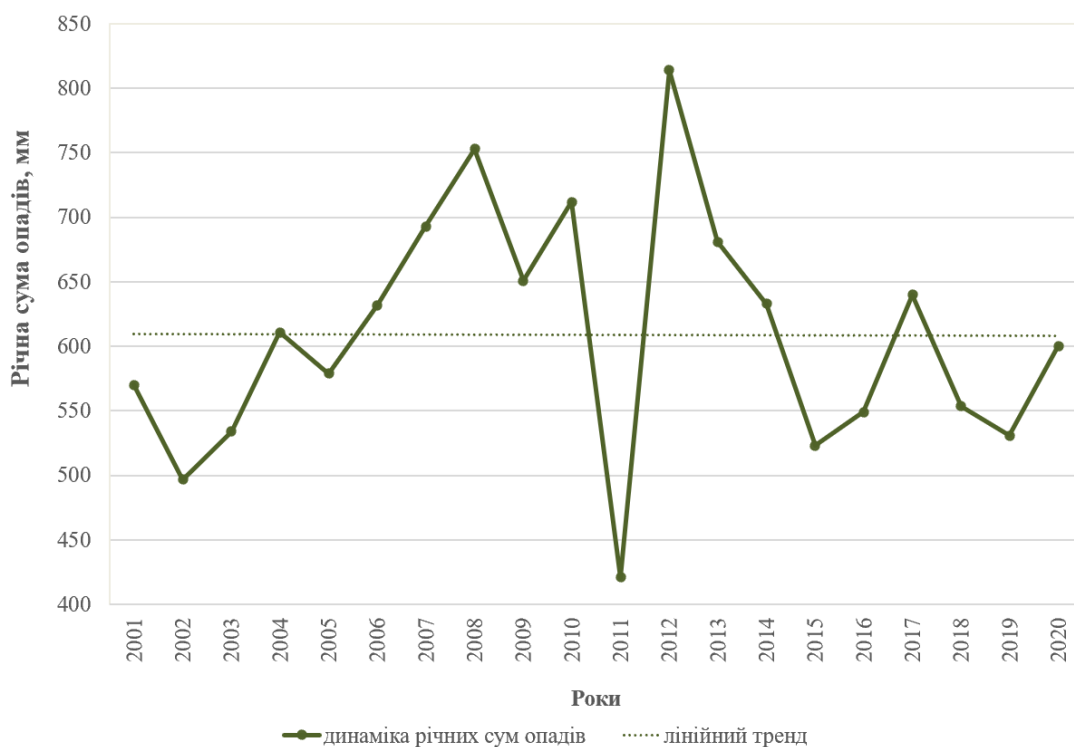


Рис. 3.19. Динаміка річних сум опадів на МС Луцьк впродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

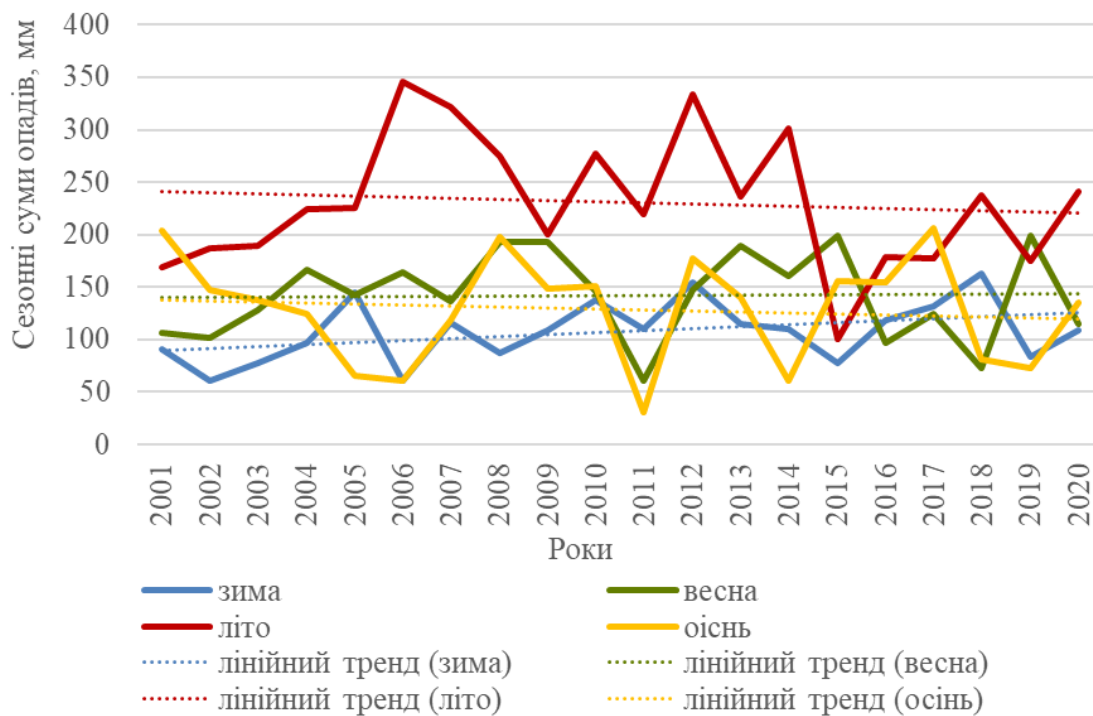


Рис. 3.20. Динаміка сезонних сум опадів на МС Луцьк (побудовано за даними ВОЦГМ)

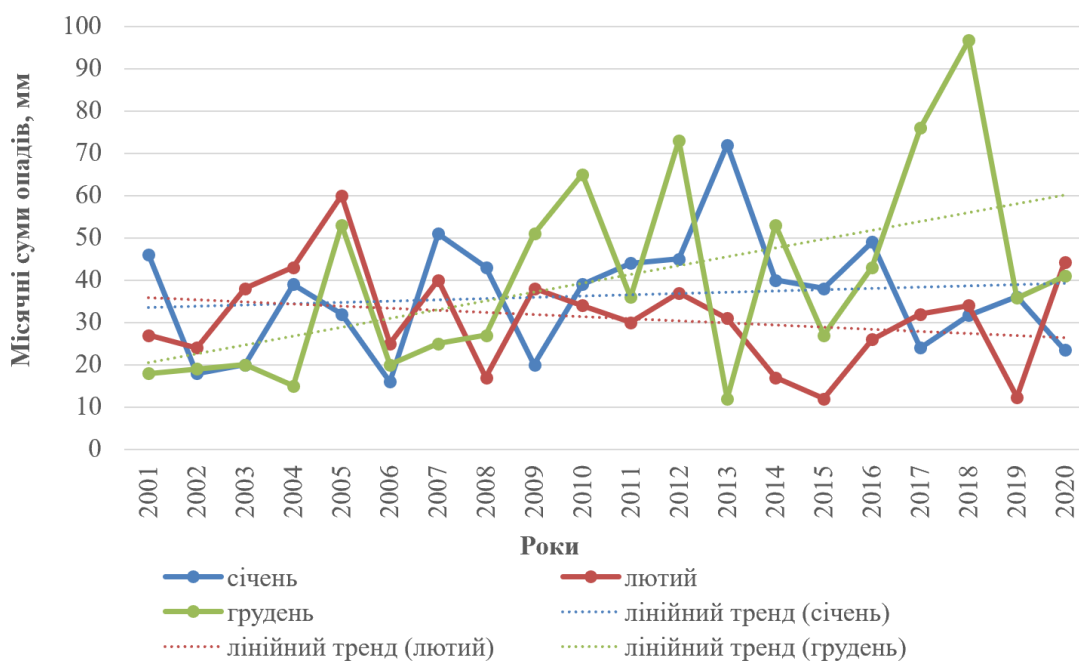


Рис. 3.20. Динаміка сум опадів зимових місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

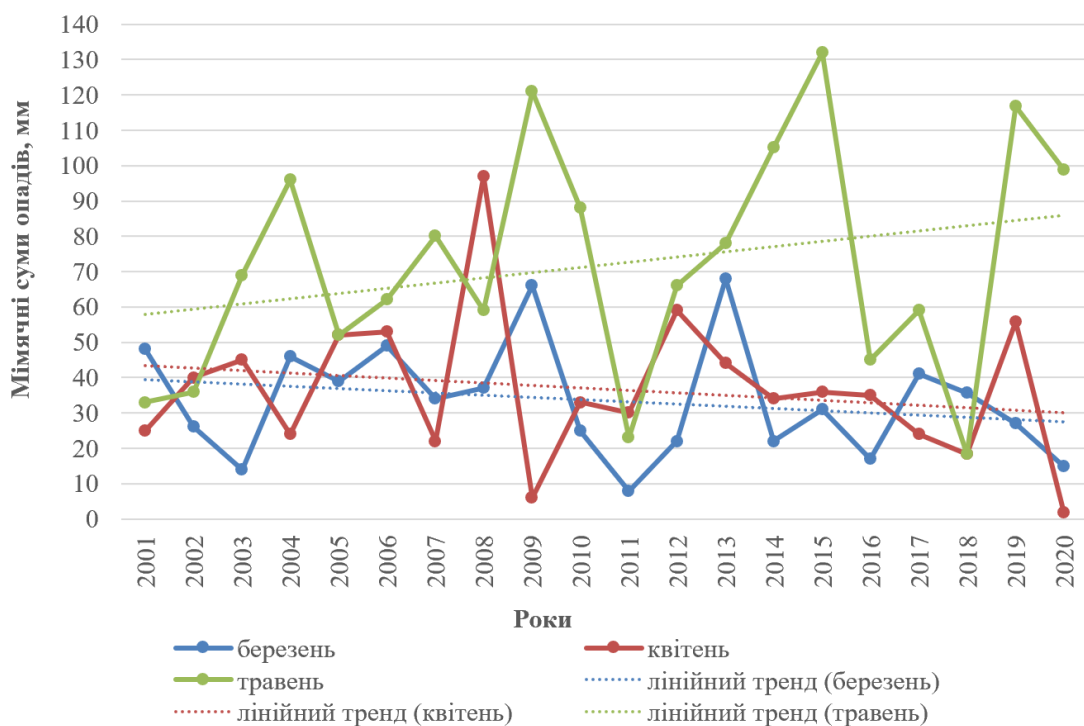


Рис. 3.21. Динаміка сум опадів весняних місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

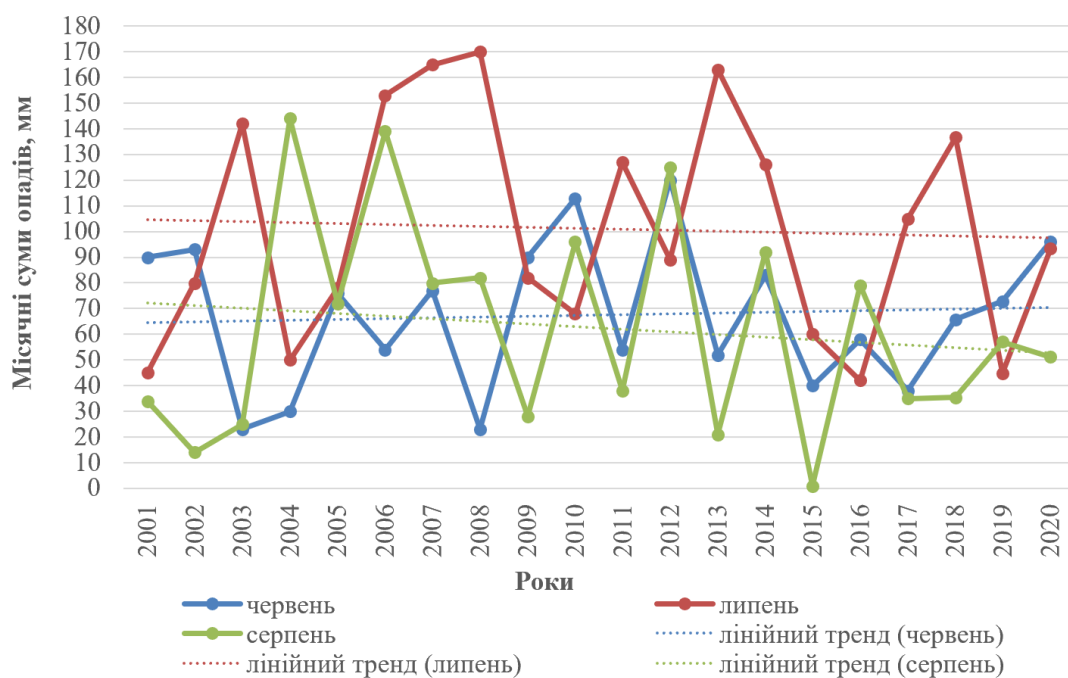


Рис. 3.22. Динаміка сум опадів літніх місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

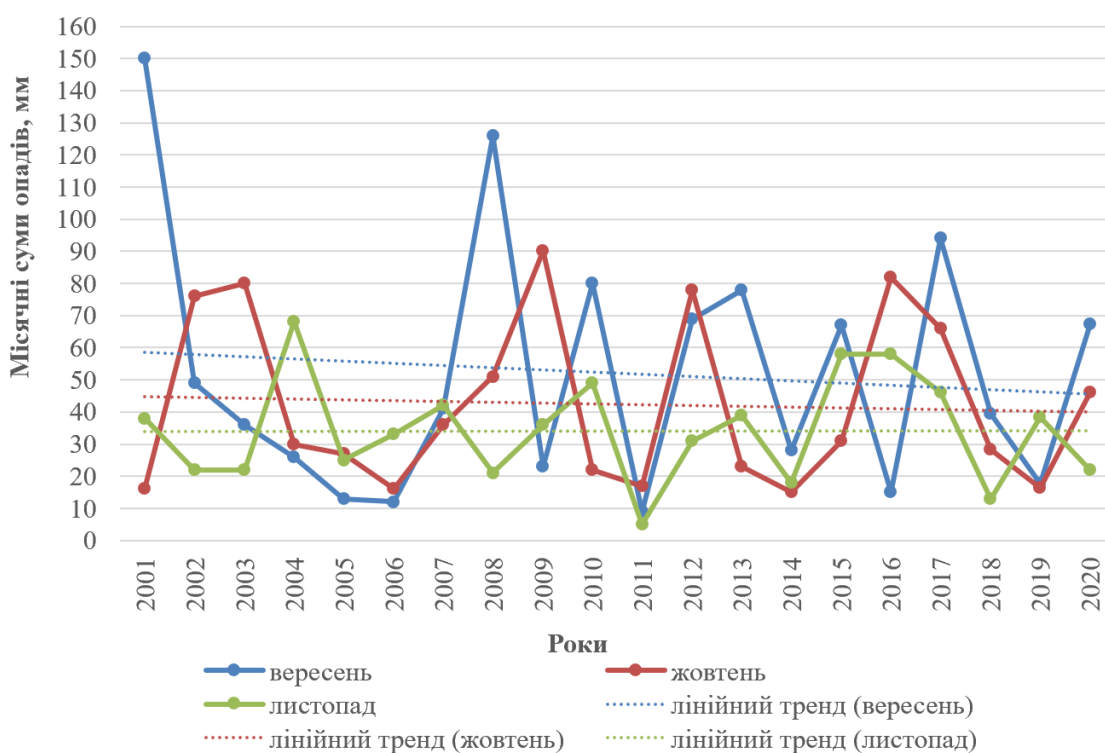


Рис. 3.23. Динаміка сум опадів осінніх місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

**Тенденції змін місячних, сезонних і річних значень сум опадів на МС
Луцьк і значущість виявлених трендів**

Таблиця 3.3

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Січень	$y = 0,296x + 33,257$	0,0162	0,127	0,226	0,451	незначущий
Лютий	$y = -0,4979x + 36,308$	0,0628	0,251	0,215	0,430	незначущий
Березень	$y = -0,6268x + 40,111$	0,0517	0,227	0,218	0,435	незначущий
Квітень	$y = -0,7036x + 44,138$	0,0393	0,198	0,220	0,441	незначущий
Травень	$y = 1,4836x + 56,312$	0,0716	0,268	0,213	0,426	незначущий
Червень	$y = 0,3114x + 64,17$	0,0042	0,065	0,228	0,457	незначущий
Липень	$y = -0,3779x + 104,97$	0,0026	0,051	0,229	0,458	незначущий
Серпень	$y = -1,0184x + 73,128$	0,0209	0,145	0,225	0,449	незначущий
Вересень	$y = -0,6857x + 59,23$	0,0107	0,103	0,227	0,454	незначущий
Жовтень	$y = -0,2559x + 45,017$	0,0033	0,057	0,229	0,457	незначущий
Листопад	$y = 0,0023x + 34,191$	—	—	—	—	—
Грудень	$y = 2,088x + 18,401$	0,2782	0,527	0,166	0,331	значущий
Зима	$y = 1,8862x + 87,965$	0,1485	0,385	0,195	0,391	незначущий
Весна	$y = 0,1532x + 140,56$	0,0005	0,022	0,229	0,459	незначущий
Літо	$y = -1,0849x + 242,27$	0,0104	0,102	0,227	0,454	незначущий
Осінь	$y = -0,9393x + 138,44$	0,0117	0,108	0,227	0,453	незначущий
Річні суми	$y = -0,0525x + 609,44$	—	—	—	—	—

Коливання кількості опадів у різні часові проміжки (місяці, сезони, роки) мають статистично незначущі тенденції, окрім грудневих величин.

3.5. Багаторічна та внутрішньорічна динаміка показників відносної вологості повітря

Середньорічний показник відносної вологості повітря у Луцьку впродовж 2001–2020 рр. становить 77 %. Упродовж року найбільші значення відносної вологості спостерігаються у листопаді, січні та грудні (87 % та 88 %), найменші – у квітні й травні (67 % та 70 %) (рис. 3.24). Приблизно такий же розподіл відносної вологості упродовж року був і в ХХ ст., але значення для більшості місяців були іншими (рис.3.25).

За двадцятирічний період найвища середньорічна відносна вологість повітря – 81 % спостерігалася у 2004 році, а найменша – 74 % – у 2015 році. З рис. 3.26 видно, що в напрямку до сьогодення величини середньорічної відносної вологості повітря зменшуються.

Сезонні значення відносної вологості повітря теж знижуються, особливо влітку і навесні (рис. 3.27). Середні місячні значення зменшуються у всі місяці року, крім травня й грудня (рис. 3.28–3.31). Найвище середньомісячне значення у Луцьку спостерігалася у січні 2004 року – 93 %, а найменше – 46 % у квітні 2020 року. Зменшення показників відносної вологості повітря у лютому, березні, квітні, серпні, вересні, а також зниження середньорічних та сезонних значень упродовж досліджуваного періоду (2001–2020 рр.) є статистично значущими (табл. 3.4).

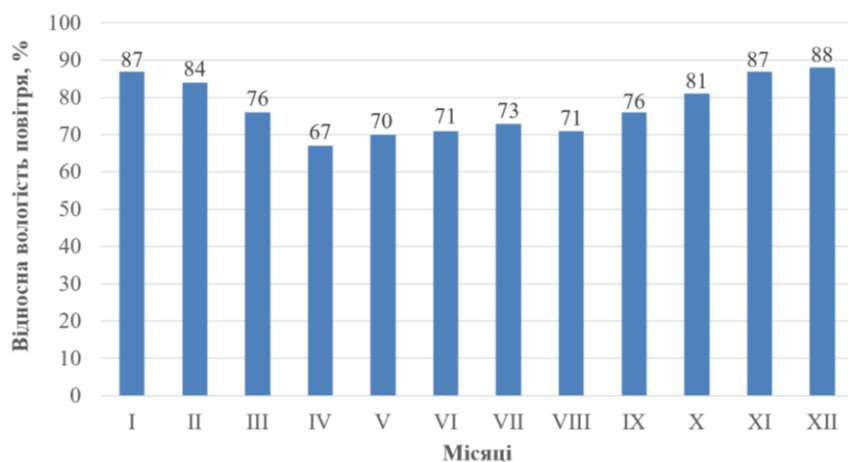


Рис. 3.24. Річний розподіл відносної вологості повітря на МС Луцьк (усереднено дані ВОЦГМ за 2001–2020 рр.)

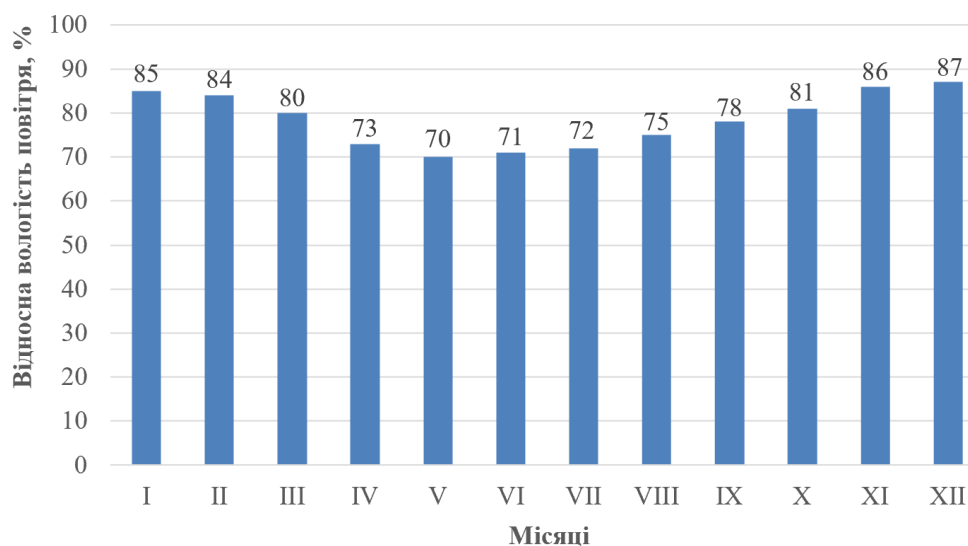


Рис. 3.25. Річний розподіл відносної вологості повітря на МС Луцьк у XX ст. [22]

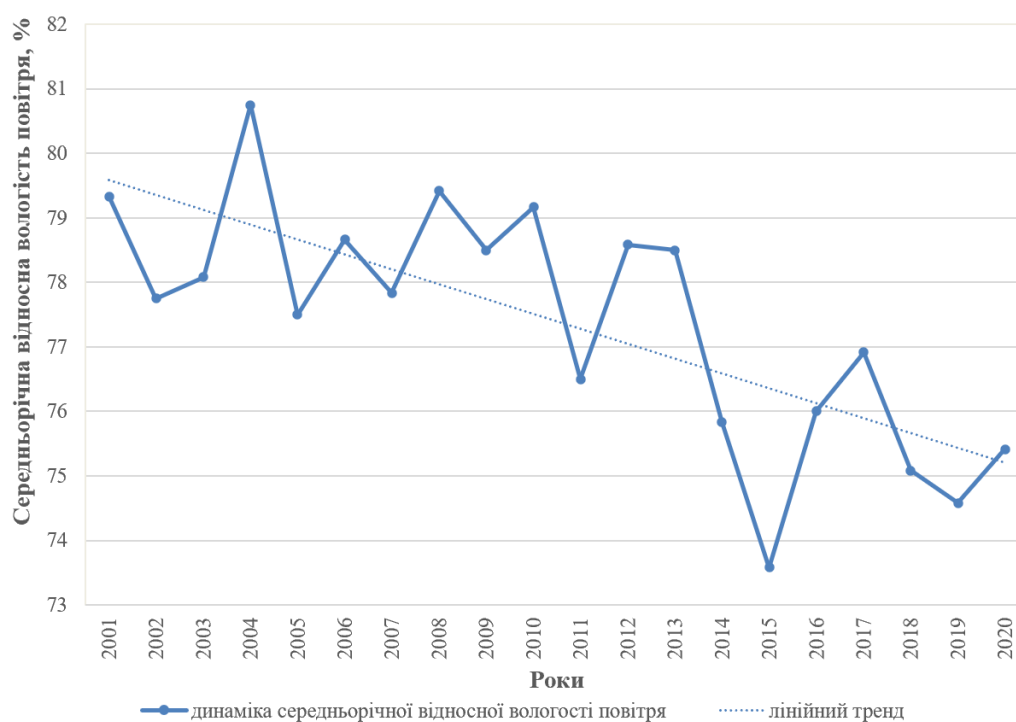


Рис. 3.26. Динаміка середньорічних значень відносної вологості повітря на МС Луцьк впродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

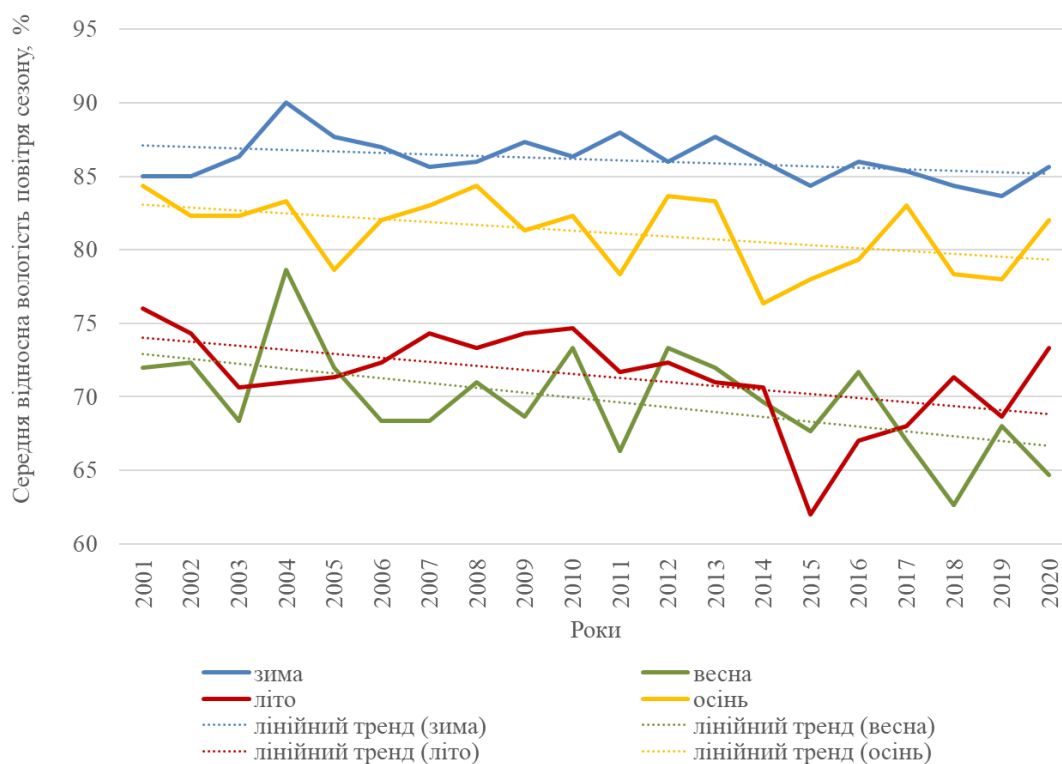


Рис. 3.27. Динаміка середніх сезонних значень відносної вологості повітря на МС Луцьк впродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

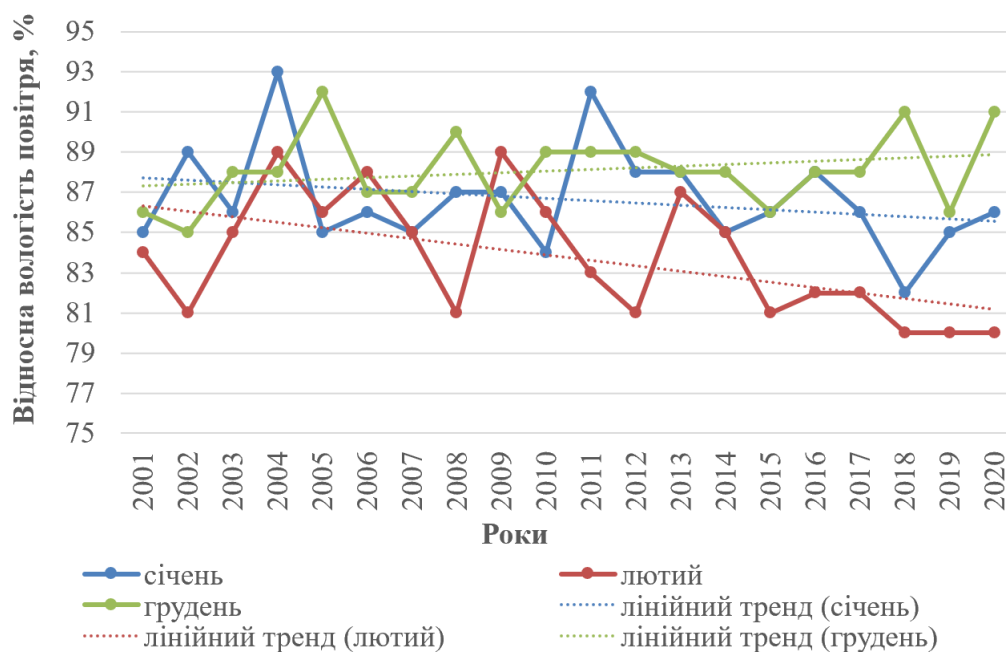


Рис. 3.28. Динаміка середніх значень відносної вологості повітря зимових місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

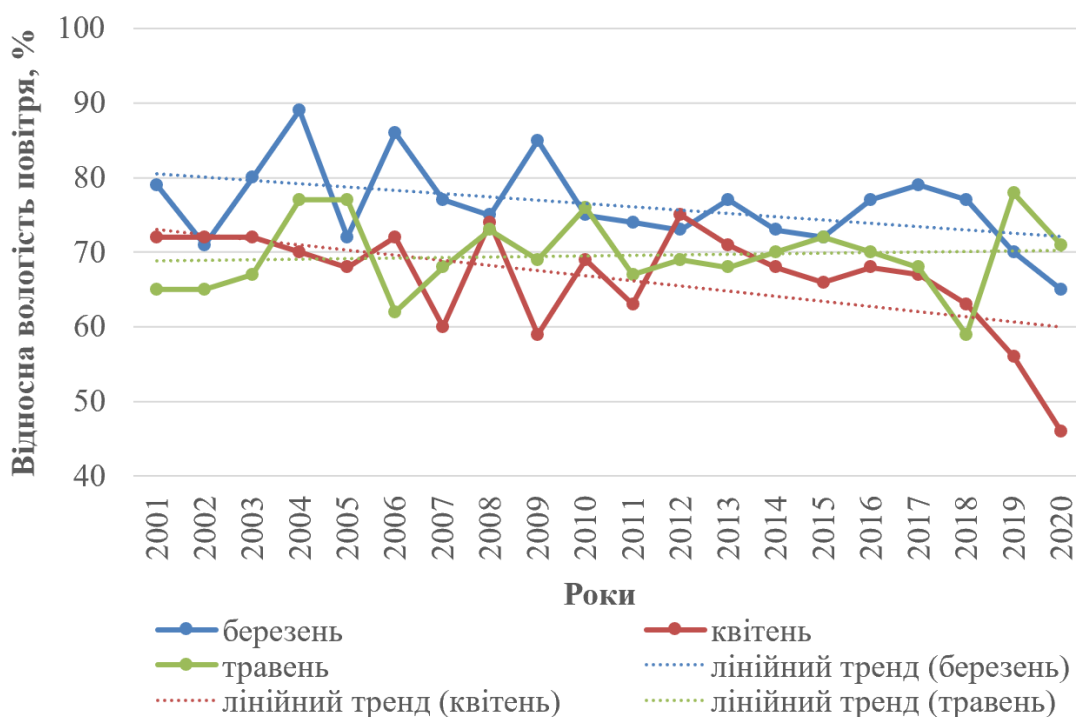


Рис. 3.29. Динаміка середніх значень відносної вологості повітря весняних місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

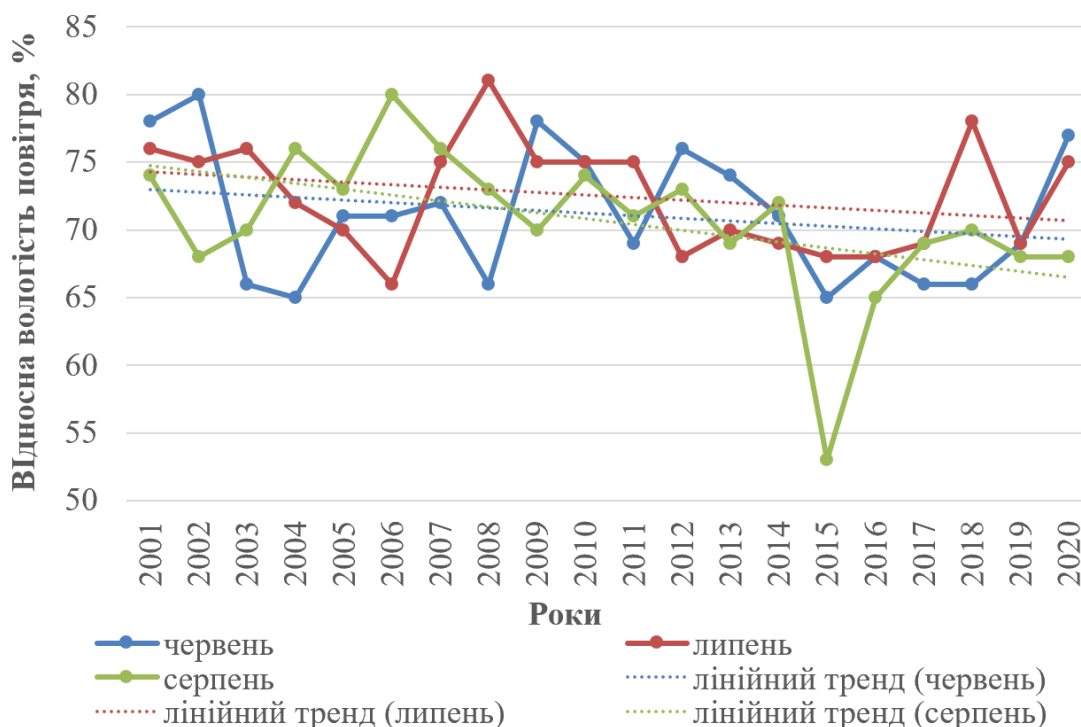


Рис. 3.30. Динаміка середніх значень відносної вологості повітря літніх місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

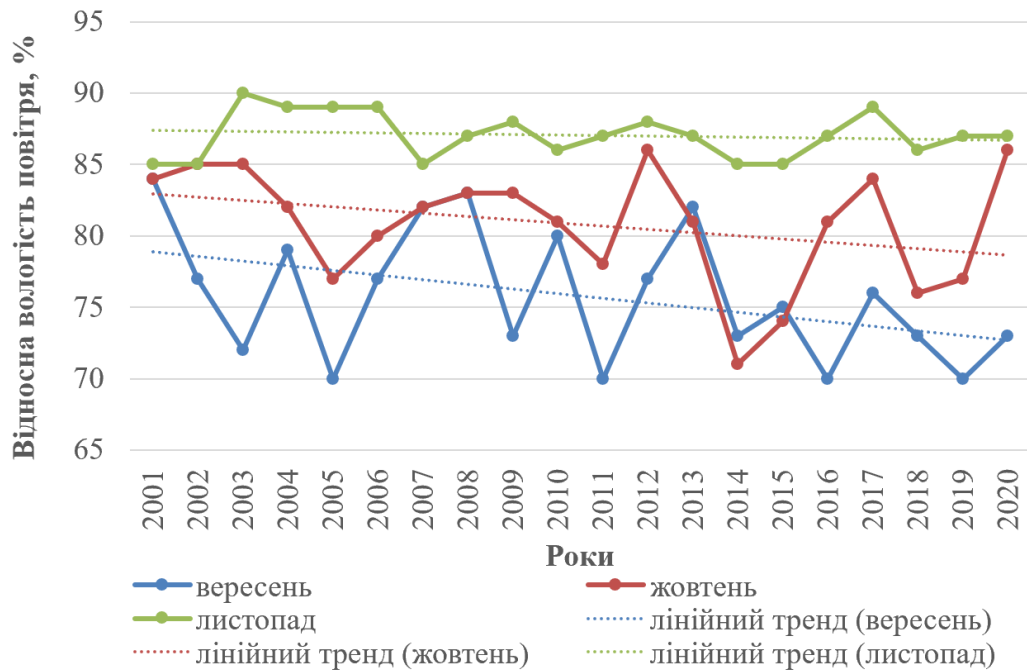


Рис. 3.31. Динаміка середніх значень відносної вологості повітря осінніх місяців на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (побудовано за даними ВОЦГМ)

Таблиця 3.4

Тенденції змін місячних, сезонних і річних значень відносної вологості повітря на МС Луцьк і значущість виявлених трендів

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R ²	R	σ _R	2σ _R	Статистична значимість тренду
Січень	$y = -0,1135x + 87,842$	0,0688	0,262	0,214	0,427	незначущий
Лютий	$y = -0,2729x + 86,616$	0,2787	0,528	0,165	0,331	значущий
Березень	$y = -0,4391x + 80,911$	0,2054	0,453	0,182	0,365	значущий
Квітень	$y = -0,685x + 73,742$	0,3288	0,573	0,154	0,308	значущий
Травень	$y = 0,0684x + 68,832$	0,0066	0,081	0,228	0,456	незначущий
Червень	$y = -0,1947x + 73,195$	0,0555	0,236	0,217	0,433	незначущий
Липень	$y = -0,1895x + 74,489$	0,0753	0,274	0,212	0,424	незначущий
Серпень	$y = -0,4346x + 75,163$	0,2256	0,475	0,178	0,355	значущий

Продовження таблиці 3.4

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Вересень	$y = -0,3278x + 79,242$	0,1746	0,418	0,189	0,379	значущий
Жовтень	$y = -0,2241x + 83,153$	0,1027	0,320	0,206	0,412	незначущий
Листопад	$y = -0,0338x + 87,405$	0,0156	0,125	0,226	0,452	незначущий
Грудень	$y = 0,0827x + 87,232$	0,0671	0,259	0,214	0,428	незначущий
Зима	$y = -0,1013x + 87,23$	0,1636	0,404	0,192	0,384	значущий
Весна	$y = -0,3293x + 73,258$	0,2979	0,546	0,161	0,322	значущий
Літо	$y = -0,2729x + 74,282$	0,2539	0,504	0,171	0,342	значущий
Осінь	$y = -0,1952x + 83,267$	0,2167	0,466	0,180	0,359	значущий
Середньорічна	$y = -0,2303x + 79,818$	0,5376	0,733	0,106	0,212	значущий

Таким чином, значення відносної вологості повітря п'яти місяців року, усіх сезонів і року мають статистично значущі зміни упродовж 2001–2020 рр.

3.6. Зміни тривалості метеорологічних пір року

Кліматологи користуються поняттям «метеорологічні пори року». Їх початок визначається датами переходу середньодобових температур повітря через значення 0°C і $+15^\circ\text{C}$ вгору або вниз. Метеорологічна весна – період часу, коли середньодобові температури доби становлять від 0°C до $+15^\circ\text{C}$, літо – з температурами вище $+15^\circ\text{C}$, осінь – від $+15^\circ\text{C}$ до 0°C , а зима – період з від'ємними добовими температурами [34].

Природний рік починається з початком зими, а закінчується останнім днем осені. Саме таку періодизацію використовують у методичних рекомендаціях до здійснення фенологічних спостережень на всіх природоохоронних територіях [78].

Метеорологічні пори року, на відміну від календарних, не мають фіксованої тривалості і характеризуються значною мінливістю як за тривалістю, так і за датами їх початку та кінця. Ця особливість і робить їх важливими індикаторами кліматичних змін.

Тривалість метеорологічних пір року ми визначали двома способами. У першому випадку рахували тривалість метеорологічних сезонів у межах календарного року. В другому випадку – від початку метеорологічної зими i -го року до закінчення метеорологічної осені $i+1$ року.

Як бачимо з рис. 3.32 особливих відмінностей в отриманих результатах нема: метеорологічна весна становить близько 23,6 % (86 днів), літо – 32,5 % (119 днів), осінь – 24,8 % (91 день), зима – 19 % (69 днів). Тривалість усіх пір року зростає, а зими – суттєво зменшується (рис. 3.33).

Тенденції зростання тривалості літа й зменшення тривалості зими є статистично значущими (табл. 3.5).

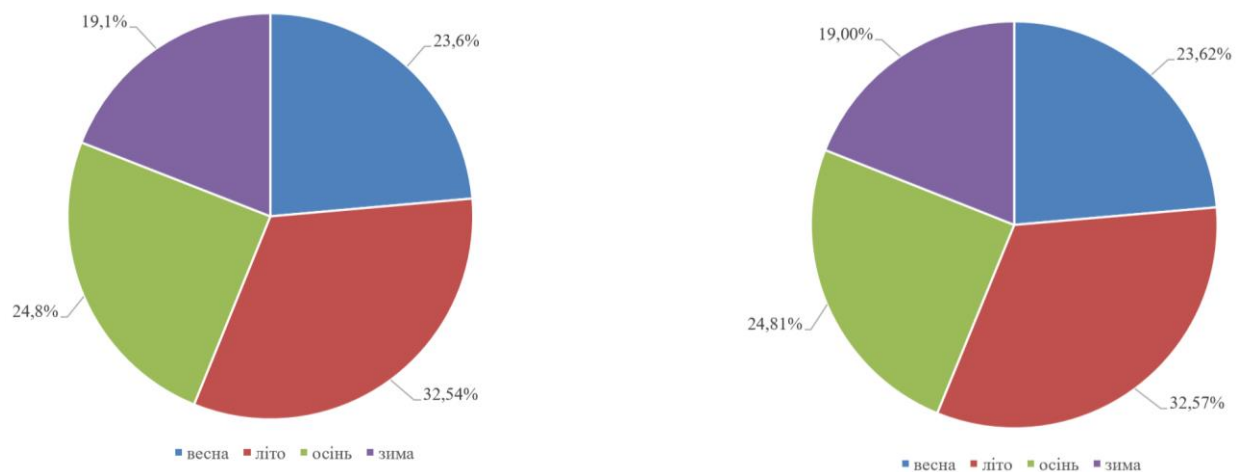


Рис. 3.32. Структура природного року на МС Луцьк (за усередненими даними впродовж 2001–2020 рр. у межах календарного року (зліва), у межах двох календарних років поспіль з неперервністю зимового сезону (справа) (обраховано й побудовано за даними ВОЦГМ)

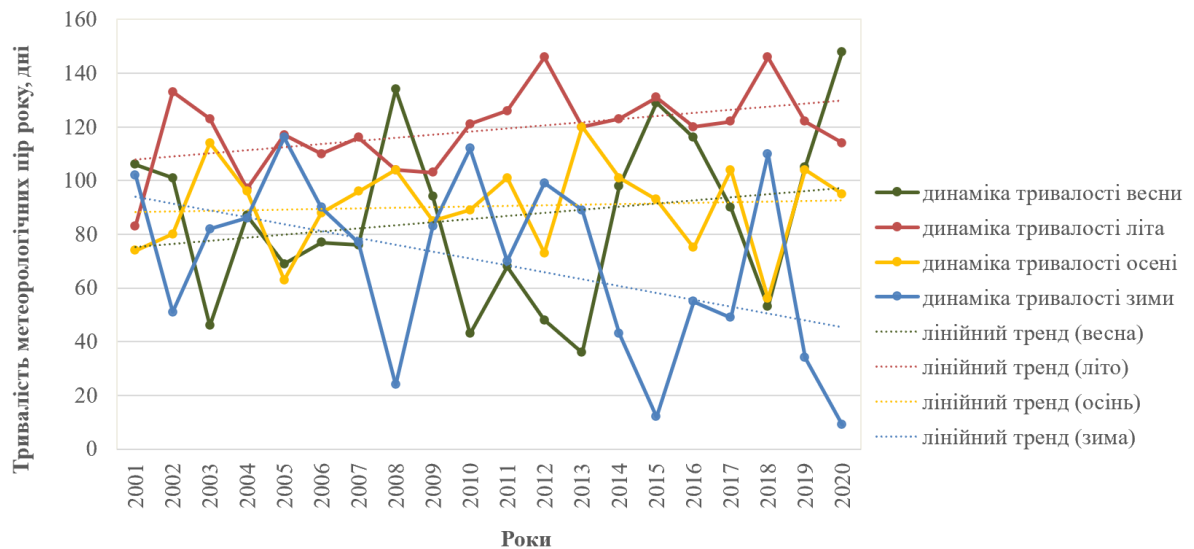


Рис. 3.33. Динаміка тривалості метеорологічних пір року на МС Луцьк упродовж 2001–2020 рр. (обраховано й побудовано за даними ВОЦГМ)

Таблиця 3.5

Тенденції змін тривалості метеорологічних пір року на МС Луцьк і значущість виявлених трендів

Проміжок часу	Рівняння лінійного тренду	R ²	R	σ _R	2σ _R	Статистична значимість тренду
Весна	$y = 1,1624x + 73,995$	0,0464	0,215	0,219	0,438	незначущий
Літо	$y = 1,1707x + 106,56$	0,2128	0,461	0,181	0,361	значущий
Осінь	$y = 0,2323x + 88,111$	0,0069	0,083	0,228	0,456	незначущий
Зима	$y = -2,5541x + 96,468$	0,2068	0,455	0,182	0,364	значущий

Метеорологічна весна на досліджуваній метеостанції зазвичай починається в березні, в деякі роки – в лютому, й досить часто в останні роки – в січні. Найпізніший початок весни упродовж 2001–2020 рр. був у 2013 р. – 30 березня, а найраніший (9 січня) – у 2020 р. Початок літа найчастіше випадає на перші дві декади травня, або на кінець квітня. У досліджуваний проміжок часу найраніше літо починалося у 2012 р. (27 квітня), а найпізніше – у 2001 р.

(16 червня) і 2006 р. (11 червня). Початок осені припадає на вересневі дні, хоча іноді вона розпочинається в кінці серпня (2003 і 2010 рр.). Зима приходить зазвичай у грудні, але в 2001, 2005, 2010 і 2018 рр. вона починалася в другій половині листопада. За досліджуваний період найранішою зима була у 2018 р. – 17 листопада, а найпізнішою – у 2011, 2013, 2017, 2020 (31 грудня). Фактично в ці роки зима в грудні була відсутня, оскільки визначення 31 грудня зимовим днем здійснюється фіктивно аби зберегти чотирьохсезонну структуру, яка передбачена в помірно-континентальному кліматі (за можливої відсутності зимових днів у січні–березні).

3.6. Тіснота зв'язку досліджуваних метеопараметрів

Такі метеорологічні параметри атмосфери як температура, вологість, швидкість вітру, кількість опадів та атмосферний тиск, взаємопов'язані та впливають один на одного, а також впливають на інші природні процеси та діяльність людини.

Щоб виявити зв'язок між досліджуваними метеопараметрами в Луцьку, ми порахували коефіцієнти кореляції між їх місячними значеннями (кожен ряд даних налічував 240 значень). Кореляція величин показує, як зміна (зростання/зменшення) однієї з величин відповідає зміні іншої. Є додатна (зв'язок між величинами прямий – вони разом збільшуються) і від'ємна (якщо одна величина зростає, то інша зменшується) кореляція [15].

Коефіцієнт кореляції (позначають r) можливий в діапазоні від -1 до 1 і дає уявлення про зв'язок між двома величинами: якщо він ближчий до 1 (з плюсом, або з мінусом), то зв'язок функціональний, якщо ближче до 0 – зв'язок відсутній. Отриманий r інтерпретують таким чином [Аналіз]: « $r = 0$ – зв'язок абсолютно відсутній; $0 \leq |r| < 0,3$ – зв'язок дуже слабкий, не істотний; $0,3 \leq |r| < 0,5$ – зв'язок слабкий; $0,5 \leq |r| < 0,7$ – зв'язок середній; $0,7 \leq |r| < 0,9$ – зв'язок сильний; $0,9 \leq |r| \leq 1$ – зв'язок дуже сильний, близький до функціонального» [15].

Визначені коефіцієнти кореляції ми відобразили в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

**Тіснота зв'язку між досліджуваними метеопараметрами впродовж
2001–2020 рр. у Луцьку**

Незалежна і залежна змінна	Значення коефіцієнта кореляції	Інтерпретація коефіцієнта кореляції
Тривалість сонячного сяйва і температура повітря	0,9	Зв'язок дуже сильний прямий
Тривалість сонячного сяйва і кількість опадів	0,3	Зв'язок слабкий прямий
Тривалість сонячного сяйва і відносна вологість повітря	–0,9	Зв'язок дуже сильний обернений
Температура повітря і кількість опадів	0,4	Зв'язок слабкий прямий
Температура повітря і відносна вологість повітря	–0,7	Зв'язок середній обернений

Як бачимо у таблиці 3.5, найвища тіснота зв'язку виявлена між тривалістю сонячного сяйва і температурою повітря, між тривалістю сонячного сяйва та відносною вологістю повітря – між цими метеопараметрами зв'язок близький до функціонального. Середній обернений зв'язок існує між температурою повітря й відносною вологістю повітря: чим вищою стає температура повітря, тим сухішим стає повітря. Залежність кількості опадів від тривалості сонячного сяйва і температури повітря є слабкою.

РОЗДІЛ 4

ЗАХОДИ З АДАПТАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ТА ГОСПОДАРСТВА ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

4.1. Потенційні наслідки змін клімату в Луцьку

Зміна клімату провокує широкий спектр ризиків для здоров'я людини, навколишнього середовища та господарства, передусім через збільшення частоти й інтенсивності екстремальних погодних явищ, підвищення рівня Світового океану та зміни в екосистемах. Ці ризики посилюють існуючі диспропорції соціального та економічного розвитку.

Ризики, пов'язані зі зміною клімату, є прямі й опосередковані. До перших відносять аномальну спеку, посуху, підтоплення та інші екстремальні погодні явища. Опосередковані ризики зумовлені порушенням нормального функціонування селитебних систем. Особливо вразливими є міські екосистеми. Не є виключенням у цьому плані й Луцьк – адміністративний, культурний та економічний центр Волинської області.

Вважаємо, що основними негативними наслідками змін клімату, які можуть виникнути і, певним чином, вже проявляються в Луцьку є [12; 83]: 1) тепловий стрес, пожежонебезпека (тривалі посушливі періоди з вищою від норми температурою повітря створюють не тільки психологічний та фізичний дискомфорт для населення міста, (порушення вазодилатації та потовиділення), а й погіршують стан зелених насаджень, порушують функціонування енергосистем через їх перевантаження роботою охолоджувальних агрегатів); 2) стихійні гідрометеорологічні явища (бурі, смерчі, посухи, паводки, град, ожеледь, ожеледиця, заморозки); 3) проблеми зі здоров'ям населення (насамперед, алергічні прояви, захворювання серцево-судинної системи, психічні розлади, порушення інсулінорезистентності тощо); 4) загибель чи зниження продуктивності культурних і дикорослих видів рослин через зміщення періодів їх вегетації, цвітіння й плодоношення, відсутність стійкого снігового покриву в холодний період, повторні заморозки чи посушливі

періоди з високою температурою повітря в період цвітіння та наливання плодів (у Луцьку почастишали випадки всихання ялин, нетипового цвітіння каштанів восени); 5) деградація ґрунтового покриву (чергування тривалих періодів посух і зростання частоти та інтенсивності зливових опадів посилює ерозію ґрунту, тривалі посухи зменшують рослинний покрив і вміст поживних речовин у ґрунті; а втрата родючості ґрунтів і рослинного покриву суттєво зменшують поглинання вуглецю, а отже, збільшують вміст парникових газів в атмосфері); 6) зниження рівня ґрунтових вод (якщо відбувається зменшення кількості опадів, то ресурси підземних вод відновлюються повільніше; якщо частими стають зливі опади, то ущільнені ґрунти можуть не вбирати достатньо води для переведення її в підземний стік); 7) зміни структури живлення та водності річок (вчені розраховали, що протягом ХХІ ст. на території України (крім річкових басейнів Українських Карпат і Закарпаття) буде спостерігатися зменшення водного стоку на 25–50 % внаслідок зростання ресурсів тепла на фоні переважно невеликих (до $\pm 10\%$) змін зволоження [70]); 8) заростання й замулення водойм та водотоків (евтрофікація на фоні зростання температури повітря та зміни фізико-хімічного складу водних екосистем); 9) перебої в роботі енергетичної інфраструктури через хвилі тепла чи тривалі морози; 10) руйнування дорожньої інфраструктури (доріг, споруд).

4.2. Шляхи пом'якшення наслідків прояву кліматичних змін

Коли мова йде про рекомендації щодо адаптації до кліматичних змін, то найперше звучать пропозиції зменшення викидів парникових газів. Щоб цього досягти, слід зменшувати обсяги використання викопних видів палива, упроваджувати енергоефективні технології, використовувати відновлювальні джерела енергії. Це не тільки зменшить негативний вплив на клімат, а й покращить якість повітря та самопочуття населення.

Спираючись на існуючий досвід адаптації до кліматичних змін [23; 61; 70] пропонуємо впроваджувати в урбосистемах, зокрема і в Луцьку, такі заходи:

1) ширше використовувати альтернативні джерела енергії;

2) збільшити кількість зелених насаджень:

- створювати «кишенькові парки» (невеличкі зелені зони в місцевості з високою щільністю забудови);
- «зелені дахи» (висаджувати рослини на дахах будинків і зупинок громадського транспорту);
- «живі стіни» (частково чи цілком вкриті рослинністю стіни будівель чи елементи огорож, вони поглинають велику кількість теплової енергії, очищують повітря від пилу й інших забруднюючих речовин, знижують шумове навантаження);
- екопарковки для стоянок автомобілів;
- «зелені вуличні меблі» (модульні конструкції з висадженими рослинами, що використовуються для облаштування громадських просторів, наприклад дерева у контейнерах в житловій зоні ЖК «Яровиця» в Луцьку, декоративні рослини в контейнерах біля закладів громадського харчування на вул. Лесі Українки);
- вздовж доріг, в парках і скверах вирощувати «кліматичні дерева» (стійкіші до екстремальних погодних і урбаністичних умов дерева, наприклад певні сорти клена, ясена, явора тощо);
- висаджувати на міських квітниках рослини багаторічників;

3) дотримуватися технологій правильного скошення трави та кронування дерев;

4) у лісах вирощувати мішані різновікові насадження, вчасно здійснювати рубки формування та оздоровлення, мінімізувати спалювання лісосічних залишків, вчасно вивозити заготовлену деревину;

5) використовувати тунелі, затіняючі й протиградові сітки, а також інших захисні споруди для зменшення впливу екстремальних погодних умов;

6) встановлювати ефективні інноваційні системи зрошення, формувати структури посівних площ, адаптовані до змін клімату, збільшувати в структурі посівних площ частку посухо- і жаростійких сільськогосподарських культур;

7) мінімізувати частку водонепроникних поверхонь для зменшення поверхневого стоку й збільшення інфільтрації опадів:

- створювати екопарковки;
- «дощові садки, канави та траншеї» (багаторічні рослинні композиції, які ефективно перехоплюють, затримують та поступово повертають опади в екосистему);
- використовувати для будівництва тротуарів водопроникну бруківку й плитку, екорешітки;

8) створювати водні елементи, такі як фонтани, водяні розпилювачі, водні тунелі, «misting system»;

9) застосовувати процедуру біологічної очистки ставів (наприклад, суспензією хлорели);

10) організувати протипаводковий захист інфраструктури міста в межах заплавно-руслених комплексів;

11) застосовувати сучасні технології у будівництві для підвищення комфорту мешканців та зниження енергоспоживання;

12) проводити регулярні заходи з інформування населення для ознайомлення з правилами поведінки під час надзвичайних ситуацій, пов'язаних зі зміною клімату.

13) підтримувати координацію дій та співпрацю місцевих установ охорони здоров'я з міжнародними та регіональними;

14) постійно здійснювати моніторинг наукових даних щодо локальних, регіональних та глобальних змін клімату.

Вище наведені результати дослідження і запропоновані заходи зі зменшення негативного впливу природних процесів і явищ на життєдіяльність населення можуть бути вагомим науковим доробком для розробки стратегії адаптації до кліматичних змін у місті Луцьку. Вважаємо, що при її розробці важливо також ознайомлюватись з досвідом інших міст України та світу в цьому напрямку для того, аби не повторювати помилки й не втрачати зайві ресурси.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження ми з'ясували, що у м. Луцьк середні багаторічні (2001–2020 рр.) значення кліматичних показників становлять: тривалість сонячного сяйва – 1869 год (за даними МС Ковель), середньорічна температура повітря – 8,8°C, річна сума опадів – 609 мм, відносна вологість повітря – 77 %, тривалість метеорологічних пір року: весна – 23,6 % (86 днів), літо – 32,5 % (119 днів), осінь – 24,8 % (91 день), зима – 19 % (69 днів).

Результати дослідження дозволяють констатувати, що впродовж 2001–2020 рр. в Луцьку простежуються тенденції: 1) зростання тривалості сонячного сяйва в січні, березні, квітні, червні, серпні, вересні та в цілому за рік і зменшення значень у лютому, травні, липні, листопаді, грудні; 2) зростання середньорічної та середньомісячних температур повітря (у всі місяці року, крім липня і травня, для яких характерна дуже слабо виражена тенденція до зменшення значень); 3) зростання місячних сум опадів у січні, травні, червні, грудні та їх зменшення в лютому, березні, квітні, липні, серпні, вересні; для місячних сум опадів у листопаді й річної кількості опадів тенденції змін майже не помітні; 4) зниження середньорічного й середньомісячних значень відносної вологості повітря (крім травня, грудня); 5) суттєві зменшення тривалості зими і збільшення тривалості весни й літа.

Для січня характерні зростання тривалості сонячного сяйва, температури повітря, кількості опадів, зменшення відносної вологості повітря.

У лютому простежуються зменшення тривалості сонячного сяйва, зростання температури повітря, зменшення кількості опадів і відносної вологості повітря.

У березні та квітні відбуваються зростання тривалості сонячного сяйва й температури повітря, зменшення кількості опадів і відносної вологості повітря.

Травень характеризується зменшенням тривалості сонячного сяйва й температури повітря, зростанням кількості опадів і відносної вологості повітря.

У червні зростають тривалість сонячного сяйва, температура повітря, кількість опадів, зменшується відносна вологість повітря.

В липні відбувається зменшення тривалості сонячного сяйва, температури повітря, кількості опадів, відносної вологості повітря.

У серпні, вересні, жовтні спостерігаються зростання тривалості сонячного сяйва й температури повітря, зменшення кількості опадів і відносної вологості повітря.

В листопаді зменшення тривалості сонячного сяйва, зростання температури повітря, опади не мають спрямування змін в часі, зменшується відносна вологість повітря.

У грудні помітні зменшення тривалості сонячного сяйва, зростання температури повітря, збільшення кількості опадів і відносної вологості повітря.

Однакові тенденції кліматичних змін характерні для березня, квітня, серпня, вересня і жовтня – зростання тривалості сонячного сяйва й температури повітря, зменшення кількості опадів і відносної вологості повітря.

Статистично значущі зміни більшості кліматичних параметрів характерні для квітня, серпня, вересня, грудня.

Серед сезонів року, то однакові спрямування змін метеопараметрів мають зима і весна (зменшення тривалості сонячного сяйва, зростання температури повітря й кількості опадів, зменшення відносної вологості повітря), літо й осінь (зростання тривалості сонячного сяйва й температури повітря, зменшення кількості опадів і відносної вологості повітря). Статистично значущі зміни більшості кліматичних параметрів характерні для зими і літа.

Таким чином, можна впевнено стверджувати, що клімат у Луцьку відбувається аридизація клімату: підвищується температура повітря, змінюється режим випадання опадів, зменшується відносна вологість повітря, зростає тривалість теплого періоду року. Своєчасне вжиття превентивних заходів із запобігання інтенсифікації процесів потепління сприятиме ефективній адаптації населення й господарства до змін в природі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. 2024 рік став найтеплішим в Україні за всю історію спостережень. Букви: онлайн-медіа. URL: <https://bukvy.org/2024-rik-stav-najteplishym-v-ukrayini-za-vsyu-istoriyu-sposterezhen/> (дата звернення 05.05.2025).
2. Clément Iraola. Ukraine: reframing the narrative of climate, environmental degradation and conflict. 2024. 23 p. URL: https://weatheringrisk.org/sites/default/files/document/Ukraine_Reframing_the_Narrative_of_Climate_Environmental_Degradation_and_Conflict.pdf (дата звернення 15.04.2025).
3. Climate Change (2021). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/978100915789> (дата звернення 05.12.2024).
4. Emmanuel I. Linkage of meteorological parameters and anomalous radio propagation profile over Nigeria. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. Vol. 191. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.05.011>
5. Ferreira M., Nunes N., Ceccarini C., Prandi C., Nisi V. The Russia-Ukraine war and climate change: analysis of one year of data-visualisations. *IASDR 2023*. 2023. [10.21606/IASDR.2023.431].
6. Global Climate Highlights 2024: The 2024 Annual Climate Summary. URL: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024> (дата звернення 09.11.2024).
7. Meteorological factors. Environment, land and water. *Queensland Government*. URL: <https://www.qld.gov.au/environment/management/monitoring/air/air-monitoring/meteorology-influence/meteorology-factors> (дата звернення: 24.03.2025).

8. Sergiy Zorya, Leah Soroka, Oleg Nivievsky, Mariia Bogono, Roman Neyter and Valentyn Lytvynov. Ukraine country climate and development report: agriculture. March 28, 2022. 87 P. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/CSA_en.pdf (дата звернення 12.11.2024).
9. The top 5 factors that influence weather. *SPATIALPOST*. URL: <https://www.spatialpost.com/5-factors-that-influence-weather/> (дата звернення 25.11.2024).
10. War worsens climate and environmental challenges in Ukraine. EU Science Hub. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/war-worsens-climate-and-environmental-challenges-ukraine-2025-04-11_en (дата звернення 05.11.2024).
11. What are the factors affecting the humidity of the atmosphere? *Quora*. URL: <https://www.quora.com/What-are-the-factors-affecting-the-humidity-of-the-atmosphere> (дата звернення 13.12.2024).
12. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. URL: https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office_climate-change-impacts-for-ukraine_report_08dec2021_english.pdf (дата звернення 05.11.2024).
13. Адаменко Т. І. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? *Німецько-український агрополітичний діалог*. Київ, 2019. 34 с.
14. Адаптація до зміни клімату. Карпатський Інститут Розвитку Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА» 2015. 40 с.
15. Аналіз узгодженості двох рядів даних. URL: <http://blacknick.info/index.php?subj=stat13> (дата звернення 03.03.25).
16. Атлас Волинської області / за ред. Ф. В. Зузука. Москва. 1991. 42 с.
17. Бабич А., Бабич-Побережна А. Засуха, суховій і пилова буря в Україні в період глобальних змін клімату. 2014. Т. 2. Вінниця: Діло. 536 с.

18. Буць І. І., Николаєв А.М. Вплив глобальних змін клімату на гідрологічний режим річки Сірет: дип. роб. на здобуття рівня освіти магістерського: ЧНУ ім. Юрія Федьковича, Чернівці, 2021, С. 7–18.
19. Вожегова В. Р. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: зб. тез її міжнародної науково-практичної конференції. Київ – Миколаїв – Херсон: ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 6–8.
20. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Навчальний посібник з дисципліни «Клімат України та прикладні аспекти його використання». Одеса: ОДЕКУ, 2012. 180 с.
21. Ганошенко О. М., Гавенко В. А. Тенденції глобальних змін клімату. *Тези 75-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»* (Полтава, 02 трав.–25 трав. 2023 р.). Полтава, 2023. Т. 1. С. 331–332.
22. Геренчук К. І. Природа Волинської області. Львів: Вища школа, 1975, 148 с.
23. Грішина Т. Клімат змінюється: чому Волинь втрачає дерева. *Конкурент: інформаційне агентство*. URL: <https://konkurent.ua/publication/45849/klimat-zminuetsya-chomu-volin-vtrachae-dereva/> (дата звернення 15.05.2025).
24. Данкевич В. Стрімкі зміни клімату: до чого готуватись фермерам. *Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2020/02/20>
25. Екологічний паспорт м. Луцьк. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/documents/ekolohichniy-pasport-m-lutska/download/29063+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ua> (дата звернення 14.11.2024).

26. Зміна клімату (Climate Change) та її вплив на економіку: аналізуємо прогнози ООН та уряду США. *Українські студії стратегічних досліджень*. URL: <https://ussd.org.ua/2021/05/10/zmina-klimatu-climate-change-ta-yiyi-vplyv-na-ekonomiku-analizuyemo-prognozy-oon-ta-uryadu-ssha/> (дата звернення 11.11.2024).
27. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html> (дата звернення 18.10.2024).
28. Зміна клімату. *Національний екологічний центр України*. URL: <https://necu.org.ua/climate> (дата звернення 07.11.2024).
29. Змодельовані історичні дані клімату і погоди для Lutsk. URL: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/climatemodelled/lutsk_ukraine_702569 (дата звернення 15.11.2024).
30. Івченко А. С. Атмосферні опади. *Велика українська енциклопедія*. URL: https://vue.gov.ua/Атмосферні_опади (дата звернення 05.11.2024).
31. Карпюк З. К., Фесюк В. О., Мороз І. А. Природно-заповідний фонд м. Луцька: історія формування, функціональне призначення, сучасний стан збереженості. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. Луцьк, 2020. № 1(405). С. 25–34.
32. Катеруша Г. П., Сафранов Т. А., Катеруша О. В. Тенденції змін максимальної температури повітря в Україні як фактор впливу на здоров'я населення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 33. 2020. С. 8–21.
33. Кернасюк В. Глобальна кліматична криза та її вплив на розвиток аграрного сектора економіки України. *Економіка АПК*, 2021, № 9. С. 91–101. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202109091> (дата звернення 06.11.2024).
34. Киналь О. В. Тривалість та часові межі кліматичних сезонів у Чернівцях на зламі XX–XXI століть. *Проблеми гірського ландшафтознавства*. Львів, 2014. Вип. 1. С. 101–108.

35. Лялько В. І., Крилова Г. Б., Філіпович В. Є. Вивчення розподілу поверхневих температур в історичній частині м. Києва. *Світ геотехніки*. 2016. № 2. С. 27–29.
36. Маринін І. Л., Дранічер О. Р. Деякі оцінки характеристик острова тепла м. Одеса. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2013. № 12. С. 54–61.
37. Матвієнко М. О. Особливості міського острова тепла в Харкові. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3. С. 131–133.
38. Мельничук М. А., Мілінчук В. В., Павловська Т. С. Тривалість й часові рамки метеорологічної зими на метеостанції Луцьк. *Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень: матеріали XVI Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів і студентів (17 травня 2022 року, м. Луцьк)*. Луцьк: ВНУ ім. Лесі Українки, 2022. 1 електрон.опт. диск (CD-ROM). Об'єм даних 9,77 Мб. С. 133–136.
39. Мельничук М. А., Мороз М. М., Павловська Т. С. Термічний режим повітря у басейні р. Стохід. *Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень: матеріали XV Міжнар. наук.-практ. конфер. аспірантів і студентів (12–13 травня 2021 року, м. Луцьк)*. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. С. 116–121.
40. Нечипоренко О. М. Управління ризиками глобальних змін клімату в агропромисловому комплексі України. *Економіка АПК*. 2020. № 4. С. 6–16.
41. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*. Київ: Академперіодика, 2013. № 4. С. 32–39.
42. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / Степаненко С.М., Польовий А. М., Школьний Є. П та ін.; за ред. проф. С. Степаненка, проф. А. Польового. Одеса: «Екологія», 2011. 696 с.
43. Павловська Т. С. Географія Волинської області: навч. посіб./за ред. проф. І. П. Ковальчука. Луцьк: Вежа-Друк, 2019. 212 с.

44. Павловська Т. С., Пархомук О. В., Нікон О. Є. Тривалість і часові рамки кліматичних сезонів на метеостанції Маневичі (Волинська область). *Географія та туризм: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. Харківського національного педагогічного університету ім. Г. С. Сковороди (м. Харків, 28 лютого – 1 березня 2023 р.)* / за заг. ред. Муромцевої Ю. І. Харків: ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2023. С. 209–215.
45. Павловська Т. С., Федонюк М. А., Рудик О. В. Температурний режим повітря у Волинській області: хронологічний та хорологічний аспекти. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 1. С. 39–48. DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2023.1.04>
46. Павловська Т. С., Бакалейко В. А., Геналюк Р. М. Температурний режим на метеостанції Луцьк в умовах сучасних кліматичних змін. *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення: зб. наук. праць III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 11–12 червня 2020 року)*. Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2020. С. 172–176.
47. Павловська Т. С., Білецький Ю. В., Валянський С. В. Просторовий розподіл і режим випадання атмосферних опадів у Волинській області. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 3. С. 13–23. DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2024.3.02>
48. Павловська Т. С., Білецький Ю. В., Ступницька М. М. Тривалість і часові рамки кліматичних сезонів на метеостанції Світязь. *Сучасна наука та освіта Волині: зб. матеріалів наук.-практ. онлайн-конф. (м. Луцьк, 20 листопада 2020 р.)*/упоряд., голов. ред. О. Ю. Ройко. Луцьк: Вежа-Друк, 2020. С. 181–182.

49. Павловська Т. С., Климюк І. В., Білецький Ю. В., Геналюк Р. М. Вітровий режим на метеостанції Луцьк (2001–2018 рр.). *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення*: зб. наук. праць III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 11–12 червня 2020 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2020. С. 189–192.
50. Павловська Т. С., Кондратчук О. В., Михалюк А. М., Ройко С. Р. Режим випадання опадів на метеостанції Луцьк упродовж 2001–2022 рр. *Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realtà domestiche*: Raccolta di articoli scientifici «ΛΟΓΟΣ» con gli atti della VI Conferenza scientifica e pratica internazionale, Bologna, 15 novembre, 2024. Bologna-Vinnytsia: Associazione Italiana di Storia Urbana & UKRLOGOS Group LLC, 2024, 385–390. DOI 10.36074/logos-15.11.2024.085
51. Павловська Т. С., Мельничук М. А., Ступницька М. М. Тривалість й часові рамки зимового сезону у Волинській області на початку XXI сторіччя. *Актуальні проблеми регіональних досліджень*: матеріали V міжн. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 11 грудня 2020 р.). Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2020. С. 30–32.
52. Павловська Т. С., Нікон О. Є. Багаторічна (1977–2020 рр.) динаміка показників відносної вологості повітря у Волинській області. *Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції (м. Луцьк, 12–14 квітня 2024 р.). Луцьк: ФОП Мажула Ю. М., 2024. С. 55–58.
53. Павловська Т. С., Рудик О. В., Нікон О. Є. Просторовий розподіл та багаторічна динаміка кількості днів з низькою відотною вологістю повітря у Волинській області впродовж 2001–2020 рр. *Природничо-географічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку* (до 75-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології

- та гідроекології): матеріали міжн. наук.-практ. конф. (м. Київ, 2–4 жовтня 2024 р.). Київ. 2024. С. 95–96.
54. Павловська Т. С., Семенюк О. І., Мерчук В. І. Річний режим тривалості сонячного саява у Волинській області на початку XXI сторіччя. *Сучасна наука та освіта Волині*: зб. матеріалів наук.-практ. онлайн-конф. (м. Луцьк, 20 листопада 2020 р.)/упоряд., голов. ред. О. Ю. Ройко. Луцьк: Вежа-Друк, 2020. С. 183–184.
 55. Павловська Т. С., Стельмах В. Ю. Просторово-часова динаміка змін відносної вологості повітря у Волинській області. *Science, technology and innovation in the context of global transformation: Scientific monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2024. С. 65–95. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-499-3-4>
 56. Павловська Т. С., Федчик А. П. Динаміка тривалості сонячного саява у Волинській області. *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення*: зб. наук. праць II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 13–14 червня 2019 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 136–140.
 57. Павловська Т. С., Фенко В. О., Мельничук І. І. Режим випадання атмосферних опадів на метеостанції Любешів. *Сучасна наука та освіта Волині*: зб. матеріалів наук.-практ. онлайн-конф. (м. Луцьк, 20 листопада 2020 р.)/упоряд., голов.ред. О. Ю. Ройко. Луцьк: Вежа-Друк, 2020. С. 185–186.
 58. Павловська Т., Білецький Ю., Ступницька М. Тривалість й часові рамки кліматичних сезонів на метеостанції Ковель. *Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів*: матеріали V Міжнар. наук.- практ. інтернет-конференції (м. Луцьк, 8–9 квітня 2021 р.)/за ред. Ю. М. Барського, С. О. Пугача. Луцьк: ПП Іванюк В. П., 2021. С. 70–72.
 59. Павловська Т., Мельничук М., Гарасимяк Л. Тривалість й часові рамки метеорологічної весни у Волинській області на початку XXI сторіччя. *Rozwój nowoczesnej edukacji i nauki – stan, problemy, perspektywy. Tom X*:

- Efekty uczestnictwa w rozwoju nauk i edukacji na odległość*/[Red.: J.Grzesiak, I.Zymomrya, W.Ilnytskyj]. Konin – Użhorod – Chersoń: Poswit, 2021. 297–299 s.
60. Павловська Т., Стельмах В., Рудик О., Нікон О. Просторово-часова динаміка змін сезонних значень відносної вологості повітря у Волинській області. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2025. Вип. 5(5). С. 35–43. DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2025.5.03>
 61. Палагнюк О. Як проходить адаптація українських міст до змін клімату. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/adaptatsia-ua-do-zminy-klimatu.html> (дата звернення 03.05.25).
 62. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В. Напрями адаптування землеробства до змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник тез II Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ – Миколаїв – Херсон, 10–12 квітня 2019 р.)*. ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 9–22.
 63. Природничо-географічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку (до 75-річчя кафедр КНУТШ: землезнавства та геоморфології; метеорології та кліматології; гідрології та гідроекології): матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 2-4 жовтня 2024 р.): Київ, 2024. С. 159 с.
 64. Приходько М. Ф. Небезпека кліматичних змін та їх вплив на аграрний сектор України. *Aktuelle Themen im Kontext der Entwicklung der modernen Wissenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, (Dresden, 23 Januar, 2019)*. Dresden: NGO «Europäische Wissenschaftsplattform», 2019. B. 9. P. 98–103.

65. Прокопенко К. О., Удова Л. О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 92–107.
66. Решетченко С., Борискіна Є., Грекова Є. Розподіл температури повітря на території України на тлі сучасних кліматичних змін. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2022. Вип. 35. С. 25–31. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-35-03>
67. Рибалова О. В., Артем'єв С. Р., Ільїнський О. В., Бригада О. В., Бондаренко О. О. Визначення впливу кліматичних змін на водні екосистеми річок Уди і Оскіл в Харківській області. *Техногенно-екологічна безпека*. 2022. Вип. 12(2). С. 51–64.
68. Рибалова О. В., Бригада О. В., Ільїнський О. В. Вплив кліматичних змін на системи водопостачання. *Global learning problems: causes, solutions and theories. Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference Thessaloniki, Greece (October 14–16, 2024)*. 2024. Р. 54–59.
69. Словник метеорологічних термінів. *Український гідрометеорологічний центр*. URL: <https://www.meteo.gov.ua/ua/Slovnik-meteorolohichnikh-terminiv>
70. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проекту). Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021, 68 с.
71. Стельмах В. Ю., Нетробчук І. М. Особливості формування «острову тепла» над містом Нововолинськ та шляхи оптимізації мікрокліматичних змін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Тернопіль, 2023. № 1 (вип. 54). С. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.1.3>
72. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.

73. Стратегічна екологічна оцінка: звіт. Детальний план території в межах вулиць Георгія Гонгадзе та Кліма Савура у місті Луцьку. URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MJhGuv5sBe8J:https://www.lutskrada.gov.ua/static/content/files/z/sq/soilgxksqqho4hlhjmzshltoipxjsqz.pdf+&cd=19&hl=uk&ct=clnk&gl=ua> (дата звернення 25.10.2024).
74. Тараріко О. Г., Кучма Т. Л., Ільєнко Т. В., Дем'янюк О. С. Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 7–15.
75. Татарчук О., Барабаш М. Дослідження просторово-часового розподілу суховіїв на території України в умовах сучасного клімату. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*: Зб. наук. пр. 2007. Вип. 256. С. 140–154.
76. Тучковенко Ю. С., Хохлов В. М., Лобода Н. С., Кушнір Д. В., Серга Е. М. Вплив змін клімату на гідрологічний і гідроекологічний режими лиманів Північно-Західного причорномор'я: монографія / за ред. Ю. С. Тучковенко. Одеса: одеський державний екологічний університет, 2022. 202 с.
77. Федонюк М. А., Прохоренко А. Ю., Федонюк В. В. Дослідження формування та просторового розподілу «острова тепла» над Луцьком. *Екологічні нотатки*. 2018. № 6. С. 45–53.
78. Феркаляк В. НПП «Верховинський»: архівний сайт. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://nppver.at.ua/news/rik_kalendarnij_chi_rik_fenologichnij/2019-03-19-711 (дата звернення: 14.05.2025 р.).
79. Чиняк А., Приходько М. Розподіл температур повітря і опадів по території України. *Збірник наукових праць студентів географічного факультету*. Ужгород, 2020. С. 116–120.

80. Шевченко О. В., Пронь О. С., Чеботарьова О. В. Вплив кліматичних змін на деградацію земель та агроєкосистем. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 81–88.
81. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І., Ваколюк М., Ілляш О., Рожкова А. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. *Кліматичний форум східного партнерства (КФСП) та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК)*. Київ: Myflaer: 2014. 74 с. URL: https://necu.org.ua/wpcontent/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf (дата звернення: 24.05.2025).
82. Як зміни клімату впливають на площі основних сільськогосподарських культур в Україні. *Повідомлення НАН України*. 21.05.2021. URL: <https://www.nas.gov.ua/ua/messages/pages/view.aspx?messageid=7830>. (дата звернення: 24.04.2025).
83. Яковшина Т. Ф. Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоекосистеми: навчальний посібник. Дніпро: ПДАБА. 2023. 109 с.