

Бунеску Мар'яна Василіївна  
Освітня програма «Метеорологія», ОР Бакалавр  
Науковий керівник: к.г.н., доцент, Затула Василь Іванович  
Рецензент: к.фіз-мат.н., доцент, Олійник Ростислав Васильович

## **ТУМАНИ І ТУМАНОУТВОРЕННЯ В РАЙОНІ АЕРОДРОМУ КИЇВ/АНТОНОВ-2**

**Актуальність теми дослідження.** Туман є небезпечним атмосферним явищем, яке дуже впливає на роботу авіації. Тумани обмежують дальність видимості для повітряних суден, що ускладнює, а іноді й унеможлиблює зліт, посадку та політ на низьких висотах.

Вагомий внесок у розвиток досліджень особливостей туманоутворення та впливу туманів, зокрема на роботу авіації, зробили Баранов А.М. [1], Кошеленко І.В. [10-13]. Питання прогнозування туманів розглядалися у роботах Богаткіна О.Г. [2], Івус Г.П. [6-7], Зверєва А.С. [5]. Огляд фізичних умов, що супроводжують тумани, можна знайти в [4, 9, 14].

Тумани мають повсюдний характер, проте імовірність їх утворення суттєво залежить від широти місцевості, особливостей орографії, сезону року і характеру атмосферних процесів. Найбільшу небезпеку для авіації становлять адвективні тумани, оскільки вони характеризуються найбільшою тривалістю і вертикальною потужністю та здатні виникнути в будь-який час доби [16, 17].

Водночас у вітчизняній літературі практично немає робіт, присвячених туманам в районі аеродромів, що особливо підкреслює необхідність таких досліджень.

**Мета роботи** полягає у поглибленому вивченні туманів та метеорологічних умов їх утворення в районі аеродрому Київ/Антонов-2 за період 2010-2020 років.

### **Завдання роботи:**

- встановити середню та максимальну кількість днів з туманами в розрізі окремих місяців, календарних сезонів та в цілому за рік;
- виявити особливості розподілу температури повітря, характеристик вітру та видимості по градаціях під час туманів.

**Об'єктом** дослідження є туман.

**Предмет** дослідження: основні характеристики туманів та деякі риси туманоутворення в районі аеродрому Київ/Антонов-2 за період 2010-2020 років.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У роботі представлено характеристики розподілу туманів в районі аеродрому Київ/Антонов-2 за останній період 2010-2020 рр. Докладно розглянуто річний хід повторюваності явища, а також погодні умови утворення туману.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати можуть бути використані для кліматичного опису аеродрому та подальшого аналізу погодних умов, що ускладнюють його експлуатацію.

**Виклад основного матеріалу**

У першому розділі представлено загальний та кліматичний опис досліджуваної території, а саме району аеродрому Київ/Антонов-2. На процесах туманоутворення в районі аеродрому найбільше позначаються такі особливості географічного положення: рівнинний характер місцевості і, в значно меншій мірі, близькість Київського водосховища. Характер кліматоутворювальних процесів та кліматичні умови району дослідження є типовими для центральної частини Українського Полісся [7].

У другому розділі розглянуто класифікацію туманів за різними характеристиками та умовами їх утворення; визначено основні циркуляційні процеси, що впливають на туманоутворення в Україні; розглянуто розподіл туманів в Україні.

Туман утворюється у будь-який час доби, але найчастіше виникає у нічні та ранкові години, коли посилюється вплив радіаційного фактору. На рівнині добовий хід туману чітко виражений у теплу пору року і більш згладжений зимою. Особливо це простежується для радіаційного туману [9, 16].

На території України, особливо в західній її частині, адвективні тумани виникають значно частіше, ніж радіаційні. На відміну від радіаційних туманів, вони характеризуються й значно більшим територіальним охопленням [9]. Просторовий розподіл числа днів з туманом на території України характеризується значною мінливістю та залежить від синоптичних процесів та особливостей підстильної поверхні.

У третьому розділі було показано, що польоти за умов обмеженої видимості відносяться до польотів в складних метеорологічних умовах. Особливо великий їх вплив на зліт і посадку повітряних суден.

З огляду на те, що на заключному етапі польоту, перед приземленням, положення літака щодо ЗПС оцінюється пілотом візуально, для безпечної посадки літака в складних метеорологічних умовах необхідна деяка мінімальна висота нижньої межі хмар (ВНМХ) і мінімальна видимість. Поєднання мінімальних значень дальності видимості орієнтирів при заході на посадку і ВНМХ, за яких можлива безпечна посадка (зліт) літаків, являє собою мінімум погоди [1].

У четвертому розділі розглянуто методи прогнозування адвективного та радіаційного туманів, які безпосередньо використовуються синоптиками на аеродромі Київ/Антонов-2.

Для прогнозування радіаційного туману на аеродромі використовуються методи Зверєва та Петренка. На аеродромі також використовують спрощений варіант формули визначення температури туманоутворення, запропонованої М.В. Петренка: при додатних значеннях точки роси  $T_d$  від її величини віднімають  $1^{\circ}\text{C}$ , а при від'ємних значеннях –  $2^{\circ}\text{C}$ .

У п'ятому розділі розраховано річну, місячну повторюваність туманів та їх сезонний розподіл, а також визначено температуру повітря, розподіл напрямку та середньої швидкості вітру при тумані та визначено повторюваність туманів за градаціями видимості.

Всього за 11 років зареєстровано 485 днів з туманами, найчастіше тумани відмічалися у 2012 р. – 13% загального числа днів з туманами, найменша повторюваність припадає на 2015 р. – 5%. У середньому за рік спостерігається 44 днів з туманами. Максимум числа днів з туманом відмічається у листопаді –

73 (~15%). Підвищена повторюваність туманів у жовтні, грудні та січні (~14, 13 та 12% відповідно). Від зими до літа частота туманів знижується з мінімумом в серпні, коли тумани відмічаються не щорічно: в середньому 1-3 дні з туманом за місяць. Низька повторюваність також у липні – лише 13 випадків за 11 років. У червні відмічено 20 випадків туманів, лише в п'яти роках. Загалом, за теплий період (квітень-вересень) найбільше число днів з туманом припадає на травень – 34 випадків (7%).

Теплий період, з квітня і до вересня, має значні коливання частоти туманоутворення. Так, квітневі тумани не спостерігалися у 2011, 2015 та з 2017 по 2020 рр.; у 2017 та 2018 рр. не зафіксовано жодного дня з туманом у травні. У літні місяці тумани досить рідкісне явище і відзначаються лише в половині 11-річного періоду.

Від вересня тумани на станції спостерігалися майже щорічно, проте за роками виділяється суттєва неоднорідність повторюваності – від максимуму у 2010 р. – 8 випадків до одного туману у 2016, 2017 та 2019 рр. та відсутністю у 2015 та 2020 рр. У жовтні повторюваність днів з туманами зростає до 3-12 за місяць з піком у 2019 р.; у листопаді середні річні показники близькі – 3-13 днів з туманами.

Викладені вище статистичні характеристики повторюваності туманів свідчать про те, що загалом процеси туманоутворення на околиці Гостомеля посилюються з осені і послаблюються до початку весни. У літні місяці тумани є досить рідкісним явищем і відзначаються лише в половині років періоду спостереження.

Температура повітря при туманах на станції змінюється в широких межах від  $-29,1^{\circ}\text{C}$  до  $+20,4^{\circ}\text{C}$ , при цьому в 73% випадків тумани спостерігалися при додатних температурах і в 27% – при від'ємних. Ймовірність туманів при температурі повітря від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+5^{\circ}\text{C}$  становить 44%. В останні роки на території України загалом, особливо у холодний період, почастишали періоди зі значними коливаннями температури, коли амплітуда протягом місяця може становити до  $20^{\circ}$ , добові коливання температури повітря також подекуди досягають  $5^{\circ}\text{C}$  і більше. Помісячно хід температури повітря при туманах сильно варіює: так у зимові місяці максимальна додатна температура при туманах становила  $5-9^{\circ}\text{C}$ , з найвищим аномальним показником у  $9,2^{\circ}\text{C}$  23 грудня 2019 р. Навесні максимальна температура при тумані досягала у березні  $7,8^{\circ}\text{C}$ , у квітні  $13,7^{\circ}\text{C}$ , у травні  $17,7^{\circ}\text{C}$ . Мінімум температури у  $-12,8^{\circ}\text{C}$  зареєстровано 9 березня 2010 р. Восени при сезонному зниженні температури повітря, виокремлюються випадки з високими температурами при тумані:  $15,9^{\circ}\text{C}$  у вересні 2012 р. і  $15,7^{\circ}\text{C}$  у жовтні 2020 р. Найнижча осіння температура при туманах ( $-11,4^{\circ}\text{C}$ ) відмічалася 25 листопада 2014 р.

Протягом року при туманах на аеродромі Київ/Антонов-2 переважає південний вітер (~22%), південно-східний відмічається приблизно в 17% випадків, південно-західний та північний ~13% випадків. Найрідше тумани на станції формуються за західного вітру (~6%). Зазначимо високу повторюваність туманів на станції при штилях: ~11% випадків. Східний та західний напрямки вітру при тумані взагалі не спостерігались 2016 року та також західний – в 2018 році.

Відповідно до розподілу швидкості вітру, посилення вітру при туманах до 3-4 м/с зареєстровано у січні 2014 та 2018 рр., лютому 2019 р., вересні 2016 р., березні 2011 р. Швидкість вітру >4 м/с при туманах не відмічалася. В інші роки тумани формувалися переважно за слабкого вітру: 1-2 м/с. Загалом, середня річна швидкість вітру при туманах на станції дорівнювала 1,7 м/с з варіацією від 1,5 м/с до 2,2 м/с.

Видимість до 100 м у туманах спостерігається не кожного року. Такі тумани не спостерігалися у 2016, 2018-2020 рр., ще декілька років налічувалося по 1 такому випадку. Що цікавіше, то максимум випадків припадає на 2015 рік, що збігається з мінімумом загальної кількості днів із туманами. У 2015 р. тумани <100 м спостерігались тричі. Наступна градація від 100 до 500 м має пік повторюваності у 2010 р. – 43 випадки, а мінімум припадає на 2015 р. – 8 випадків. Також високі показники повторюваності припадають на 2012 та 2013 рр. (37 та 39 випадків відповідно). Загалом у цю градацію потрапило 59% усіх випадків з туманом. Слабкі тумани з видимістю від 500 до 1000 м найчастіше спостерігались у 2012 та 2014 рр. Було відмічено по 25 таких випадків. Таким чином, ми можемо спостерігати тенденцію до зменшення числа днів з туманами в градації видимості від 100 до 500 м та переважання в останні роки найслабших туманів з видимістю від 500 до 1000 м.

**Висновки.** Аналізуючи дані спостережень, можна сказати, що за період з 2010 по 2020 рр. на аеродромі Київ/Антонов-2 було зафіксовано 485 випадків з туманом. У середньому припадає 44 випадки на рік. Найбільша кількість туманів за рік була в 2012 р. – 63 випадки, а мінімальна у 2015 році – 24 випадки. У холодний період повторюваність туманів більша, ніж в теплий. Від зими до літа частота туманів знижується з мінімумом в серпні, коли тумани відмічаються не щорічно, а також спостерігається стрімке зростання повторюваності туманів, починаючи з вересня. Тумани можуть спостерігатись в дуже широких температурних межах: від  $-29,1^{\circ}\text{C}$  до  $+20,4^{\circ}\text{C}$ . Більша половина випадків з туманами, а саме 73%, спостерігалась за додатних температур. За розглянутий період тумани найчастіше утворювались при південному вітрові (20%), а також при вітрах південно-східного та південно-західного напрямку. Швидкість вітру під час туману в загальному за рік знаходиться у межах від 1,5 м/с до 2,2 м/с. Тумани з горизонтальною дальністю видимості до 100 м спостерігались не кожен рік. Найбільшою повторюваністю вирізнялися тумани з видимістю від 100 до 500 м, проте в останні роки їх кількість спала та стала меншою, ніж для градації від 500 до 1000 м.

#### **Список використаних джерел:**

1. Баранов А.М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 205 с.
2. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды. 2-е изд., стереотипное. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 288 с.
3. Волошина Ж.В., Волошина О.В. Фізика атмосфери (задачі і вправи): Навчальний посібник. Київ: КНТ, 2005. 254 с.
4. Затула В.И. Загрязнение воздуха при туманах. Метеорология, климатология и гидрология. 1991. Вып. 27. С. 52-58.
5. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. 2-е изд. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 711 с.

6. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
7. Івус Г.П., Боровська Г.О. Практикум з авіаційної метеорології: навч. посібник. Одеса: Екологія, 2006. С. 170-189.
8. Климатическая характеристика аэродрома Киев/Антонов. Киев: ГП «УАМЦ», 2009. 176 с.
9. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
10. Кошеленко И.В. К вопросу о прогнозе времени рассеяния тумана. *Труды УкрНИГМИ*. 1972. Вып. 113. С. 33-42.
11. Кошеленко И.В. Некоторые радиационные характеристики при тумане. *Труды УкрНИГМИ*. 1965. Вып. 47. С. 22-29.
12. Кошеленко И.В. Синоптические условия образования адвективного тумана. *Труды УкрНИГМИ*. 1956. Вып. 5. С. 170-178.
13. Кошеленко И.В. Туманы. *Труды УкрНИГМИ*. 1977. Вып. 155. С. 211-215.
14. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине. *Труды УкрНИГМИ*. 1972. Вып. 110. С. 178-189.
15. Остапчук В.В., Убозько М.О. Сучасні особливості туманів на Чернігівщині. *Фізична географія та геоморфологія*. 2020. Вип. 1-2 (99-100). С. 45-54.
16. Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія: Підручник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. 592 с.
17. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Київ: Ніка-центр, 2006. 312 с.
18. Щоденники погоди АВ-6 аеродрому Київ/Антонов-2 за період 2010-2020 рр.

Казакевич Олексій Васильович  
Освітня програма «Метеорологія», ОР Бакалавр  
Науковий керівник: асистент, Яценко Юлія Володимирівна  
Рецензент: к.г.н., доцент, Пасько Володимир Феодосійович

## ОЦІНКА УМОВ ПОГІРШЕННЯ ВИДИМОСТІ В РАЙОНІ АЕРОДРОМУ КИЇВ/АНТОНОВ-2 В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД

**Актуальність теми.** Транспортна галузь забезпечує потреби економіки в перевезеннях і є необхідною умовою розвитку будь-якої країни. Відповідно, транспорт стає одним з основних споживачів метеорологічної інформації і найяскравішим представником є авіація. Не зважаючи на сьогоденну кризову ситуацію, авіація, авіаційні перевезення залишаються високо конкурентною галуззю. А сучасні статті та роботи Київського національного університету будівництва і архітектури [2] висвітлюють необхідність розвитку аеродрому, що розглядається в даному дослідженні.

*Метою і завданням роботи* є опис та статистичний аналіз умов погіршення видимості. Виявлення закономірностей в рядах багаторічних спостережень.

*Об'єкт дослідження* – горизонтальна (авіаційна) видимість в районі аеродрому Київ/Антонов-2 м. Гостомель.

*Предмет дослідження* – умови погіршення горизонтальної видимості в обраному районі.

*Інформаційна база дослідження:* дані щоденників погоди АМСЦ Гостомель за період з 2005 по 2020 рр.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У роботі вперше використані дані зміни видимості в районі аеродрому Київ/Антонов-2 за останній період 2005-2020 рр. Детально розглянута повторюваність порогових значень видимості в залежності від різних сезонів та характеристик погоди.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення метеорологічного обслуговування авіації та роботи аеродрому. Допоможуть вдосконалити методики прогнозу видимості в районі дослідження.

### **Виклад основного матеріалу**

У першому розділі «Забезпечення авіації метеорологічною інформацією» надано огляд сучасної ситуації в Україні стосовно забезпечення авіації відповідною інформацією. У сучасний період на території України активно здійснюють свою діяльність у сфері забезпечення метеорологічного обслуговування: Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ), державне підприємство Український Авіаційний Метеорологічний Центр (ДП «УАМЦ»), державне підприємство повітряного руху України (ДП «УкрАероРух») [3] [5-6].

Більшість метеорологічних підрозділів підпорядковуються саме УкрГМЦ – це авіаметеорологічні станції I, II та IV розрядів. Всього їх налічується 26. Ще 3 підрозділи, а саме: АМЦ Бориспіль, АМСЦ «Київ» та відділ метеобслуговування авіації на аеродромах Київ/Антонов-1 та Київ/Антонов-2 – підпорядковуються ДП «УАМЦ». Разом ці дві організації здійснюють збір,

обробку, картографування та доведення користувачам метеорологічної інформації у коді METAR, та спеціальних зведень про погіршення або поліпшення погодних умов на аеродромі у коді SPECI, а також авіаційні прогнози погоди на 9 або 24 години у коді TAF. ДП «УкрАероРух» відповідають за зональні прогнози для польотів на низьких рівнях GAMET, інформацію SIGMET, AIRMET, AIREP SPECIAL. А для ефективного цілодобового стеження за конвективними явищами погоди у повітряному просторі України у 2012 році УкрАероРухом уведено в експлуатацію доплерівські метеорологічні радіолокатори METEOR 635С у Львівському та Харківському РСР. Інформація також надходить з супутникової системи EUMETSAT – супутникові знімки території Європи через кожні 15 хвилин.

У польоті екіпажі повітряних суден отримують метеоінформацію від диспетчерів ОПР та з регулярних радіомовних передач VOLMET. На Україні є 4 пункти мовлення VOLMET, кожен з яких постійно транслює щогодинні зведення METAR вибраних аеропортів.

Усі правила забезпечення польотів затверджені в документі – авіаційні правила України «Метеорологічне обслуговування цивільної авіації» (АПУ МОЦА) [1].

У другому розділі «Особливості проведення спостереження за видимістю» оглянуто територію дослідження, особливості спостережень, вихідні дані та методику дослідження.

Обраний аеродром дослідження знаходиться в межах Київської області, для якої характерний рівнинний рельєф із загальним похилом до долини Дніпра. Північна частина області лежить в межах Поліської низовини. Клімат помірно-континентальний, м'який з достатньою кількістю вологи [4].

Аеродром Київ/Антонов-2 (UKKM) – міжнародний транспортний аеропорт. Розташований на відстані 25 км на північний захід від м. Києва і 2 км на північний захід смт. Гостомель на правому березі р. Дніпро. Географічні координати контрольної точки аеродрому (КТА аеродрому):  $50^{\circ}36'11''$  північної широти та  $30^{\circ}11'37''$  східної довготи. Висота КТА над рівнем моря складає 156,6 м.

Київська область має густу річкову мережу. В 7 км на схід від аеродрому протікає р. Ірпін з притоками Буча, Рокач; на північ, на відстані 6 км – р. Казка. На північний схід від аеродрому на відстані 18 км знаходиться Київське водосховище.

На АМСЦ дані по видимості були отримані з вимірювачів видимості FS11P, а також був задіяний вимірювач яскравості фону LM21. Всі датчики під'єднані до системи КРАМС-4.

Видимість - це зорове сприйняття об'єктів, обумовлене існуванням яскравості і колірних відмінностей між предметами і фоном. Видимість характеризується дальністю видимості (як далеко видно) і ступенем видимості (як добре видно). При метеорологічному забезпеченні авіації цікавляться тільки дальністю видимості, яку зазвичай називають видимістю.

Використовується два терміни: видимість та видимість на ЗПС, під якою розуміють відстань, на якій пілот повітряного судна, що знаходиться на осьовій лінії ЗПС, з кабіни бачить маркування ЗПС або вогні, що позначають її контури.

Метеорологічна оптична дальність видимості (далі - МОД) - характеристика прозорості атмосфери, під якою розуміється довжина шляху світлового потоку в атмосфері, на якому він послаблюється до 0,05 від його початкового значення.

Відповідно, для авіації розраховується видимість з авіаційною метою, VIS. Це одна з наступних величин: максимальна відстань, на якій можна розрізнити і пізнати чорний об'єкт відповідних розмірів, поблизу землі або максимальна відстань, на якій можна розрізнити і розпізнати вогні силою світла 1000 Кд на неосвітленому фоні. Ця величина є розрахунковою на підставі МОД, визначеної за даними нефелометрів FS11P, яскравості фону та сили світла вогнів приблизно 1000 Кд.

Оцінку погіршення видимості було визначено робити по критерію SPECI (згідно з АПУ МОЦА), тобто погіршення видимості менше ніж 5000 метрів, за даними VIS. Фіксувалась повторюваність днів, у яких період погіршення видимості тривав більше, ніж годину. Оскільки значна кількість сучасних літаків можуть здійснювати зліт та посадку й при меншій видимості, то фіксувались випадки і по іншому критерію - менше ніж 800 метрів. Таке явище, як туман підпадає під цей критерій і воно може бути достатньо тривалим, щоб вплинути на роботу аеродрому. Тому окремо фіксувалась кількість днів з туманами. Оцінка умов погіршення видимості здійснювалася на підставі аналізу даних спостережень на аеродромі у стандартні строки (кожні 30 хв). Розраховано відсоткове співвідношення між випадками погіршення видимості та загальною кількістю днів у кожному конкретному місяці (оцінено повторюваність у відсотках). Сталість умов порівнювалася у часовому періоді з 2005 по 2020 роки. Окремо здійснено порівняння холодного, осінньо-зимового періоду (ОЗП), та теплого, весняно-літнього періоду (ВЛП), між собою.

**У третьому розділі «Оцінка умов погіршення видимості»** було визначено основні тенденції зміни і причини погіршення видимості.

Найчастіше погіршення видимості пов'язано з природними умовами, а саме з метеорологічними явищами. В залежності від пори року ці явища будуть різними. Тому порівнювалися результати не тільки в часовому ході, але й в сезонному, а точніше: осінньо-зимовий і весняно-літній періоди.

Для ОЗП характерними будуть зливовий і облоговий сніг, снігова крупа і снігові зерна, сніг з дощем, мряка, хуртовина, серпанок і туман. Для ВЛП – зливовий і облоговий дощ, пилова і піщані бурі, імла, серпанок і туман.

На аеродромі були зафіксовані випадки, коли видимість погіршувалася через дим, що пояснюється роботою Гостомельського склозаводу. Випадки рідкі та хаотичні, тому їх приймаємо як статистично незначущі.

Починаючи з 2005 по 2020 роки зафіксований спадний тренд випадків, коли видимість була нижча за 5000 метрів. Пікове значення було у 2006 році і складало – 59% для всього року і окремо по періодах: ВЛП – 47%, а ОЗП – 72%. Найменше було зафіксовано у 2020 році – 32%. Тоді частка ВЛП складала – 21%, а ОЗП – 43%. Ця статистика наведена по усім явищам. Окремо було пороховано, що до 25% погіршення видимості спричиняв саме туман.

Були проаналізовані періоди по 5 років: з 2006-2010, з 2011-2015 та з 2016-2020.



Було враховано суму всіх випадків окремо за кожен місяць і порівняно з результатами інших періодів. Так, найменше випадків погіршення видимості за період 2006-2010 було у червні та липні. Спостерігався плавний перехід від ОЗП до ВЛП. За 2011-2015 таким місяцем став серпень, а перехід від ОЗП до ВЛП більш стрімким. За 2016-2020 тенденція закріпилась і серпень став найсприятливішим місяцем для польотів за умовами видимості. Межі між теплим і холодним періодом були чітко встановлені: початок ВЛП – квітень, а початок ОЗП – жовтень. Вересень місяць виявляється аномальним і фактично є продовженням ВЛП за умовами видимості, але перехідним щодо метеорологічних явищ, що спостерігалися.

**Висновки.** У сучасний період в Україні забезпечення користувачів авіаційною інформацією відбувається на високому рівні. У цьому процесі задіяні одразу три незалежні одна від одної організації. Відбувається постійний обмін зі світовими метеорологічними центрами, та вдосконалення наявного аеродромного обладнання. Вдале місцезоташування аеродрому Київ/Антонов-2 навіть у минулому дозволяло активно і повсякчасно використовувати його ресурс. Кількість критичних днів (дні з тривалими туманами) не перевищувала 11%, а за останніми спостереженнями цей показник зменшився до 7%. Весняно-літній період дуже сприятливий для використання аеродрому в умовах погіршення видимості. Для ВЛП за досліджений період погіршення видимості нижче 5000 м спостерігається у 30 % випадків.. А враховуючи визначену тенденцію, то й вересень місяць буде сприятливим для здійснення польотів. В цілому за досліджений період, явище, що найчастіше погіршувало видимість до 800 м і менше – туман. Явище, що найчастіше погіршувало видимість до 5000 м і менше – серпанок.

#### **Список використаних джерел:**

1. Авіаційні правила України «Метеорологічне обслуговування цивільної авіації» : затв. наказом Державної авіаційної служби України від 09.03.2017 № 166. URL: <https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo%20order%20of%20state/2017%20%D0%90%D0%9F%D0%A3%20%D0%9C%D0%9E%D0%A6%D0%90.pdf>
2. Агеєва Г. М. Перетворення аеропортів на об'єкти туристичного інтересу та суспільні туристичні ресурси // Інновації в архітектурі та дизайні: І Міжнародна науково-практична конференція. - Київ : НАОМА, 2022. - С. 43-45. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/54864>
3. Відділ авіаційної метеорології. Українськи гідрометеорологічний центр. Офіційний сайт. URL: [https://meteo.gov.ua/ua/33393/aviameteorology/avia\\_structure\\_aircraft\\_meteorologichnoho\\_service/](https://meteo.gov.ua/ua/33393/aviameteorology/avia_structure_aircraft_meteorologichnoho_service/)
4. Звіт з оцінки впливу на довкілля : Будівництво паливнозаправного пункту на території бази технічного обслуговування ТОВ «АЛЬЯНС ТРАНССЕРВІС». URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/7034/reports/ye9oKcWk5D.pdf>
5. Історія підприємства. Державне підприємство «Український авіаційний метеорологічний центр». Офіційний сайт. URL: <https://www.uamcdsns.com.ua/dp-uamts/istoriia-pidpriemstva>

6. Метеорологічне обслуговування аеронавігації. Державне підприємство обслуговування повітряного руху України Украерорух. Офіційний сайт. URL: <https://uksatse.ua/index.php?act=Part&CODE=341>

Корнієнко Михайло Юрійович

Освітня програма «Метеорологія», ОР Бакалавр  
Науковий керівник: Професор, доктор фізико-математичних наук  
Завідувач відділу кліматичних та довгострокових прогнозів погоди,  
Мартазінова Вазіра Файзулівна  
Рецензент: д.геогр.н., доцент, Шевченко Ольга Григорівна

## **МОЖЛИВІСТЬ СНІГОВОГО ПОКРИВУ ПЕРЕД РІЗКИМ ПОХОЛОДАННЯМ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

**Актуальність теми дослідження.** Сніговий покрив являє собою шар снігу на поверхні землі, який утворюється в результаті випадання твердих опадів. Він є природним фактором, який, з одного боку, відіграє велику позитивну роль у сільському господарстві та функціонуванні екосистем, а з іншого – виступає небезпечним метеорологічним явищем та перешкодою для провадження господарської діяльності. В свою чергу, характеристики снігового покриву є важливими кліматичними параметрами. Однією з таких характеристик є висота снігового покриву. Дослідження висоти снігового покриву має цінне наукове та практичне значення для урбометеорологічних досліджень, сільського господарства, екології тощо.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом даного дослідження є сніговий покрив, а предметом – просторово-часові характеристики висоти снігового покриву перед різким похолоданням у різних містах України.

**Мета** полягає у дослідженні просторових та часових відмінностей висоти снігового покриву перед різким похолоданням у зимовий період.

### **Завдання:**

- визначення періоду різкого похолодання у зимовий період для досліджуваних міст України;
- визначення середньої висоти снігового покриву у період різкого похолодання;
- аналіз динаміки значень середньої висоти снігового покриву протягом десятирічного періоду;
- встановлення просторово-часових відмінностей висоти снігового покриву на території України.

### **Інформаційна база та методика дослідження.**

Вихідними даними даного дослідження слугували дані багаторічних щоденних спостережень за сніговим покривом та температурою на метеорологічних станціях Києва, Львова, Одеси, Дніпра та Харкова. На метеостанціях висота снігового покриву визначається за допомогою снігомірних рейок висотою 130 або 180 см. На метеомайданчику на відстані близько 10 метрів одна від одної розміщують 3 таких рейки, по яких і проводиться відлік. Рейки встановлюють так, щоб нульова позначка на шкалі співпадала з рівнем земної поверхні. Мірки з рейок знімають щодня вранці. З трьох вимірів розраховують середнє значення в сантиметрах. Саме статистичні дані середнього значення висоти снігового покриву і стали основною інформаційною базою роботи.

Для досягнення мети даної дослідження у ході виконання роботи використано наступні методи: діалектичний, описовий, графічний, статистичного аналізу.

### **Результати.**

В рамках даної роботи досліджувався сніговий покрив таких найкрупніших міст України, як Київ, Львів, Харків, Одеса та Дніпро, оскільки вони рівномірно розташовані територією країни, є головними ядрами опорного каркасу розселення та знаходяться у різних природно-географічних умовах.

Важливим для даної роботи є не тільки дослідження багаторічної динаміки висоти снігового покриву, але й зв'язок цього показника з першим різким похолоданням у зимовий період, а також просторові відмінності такого взаємозв'язку. Тому, спираючись на наявну статистичну базу та специфіку дослідження, для всебічного аналізу об'єкту обрано десятирічний період.

Враховуючи, що тривалість зими як кліматичного та фенологічного сезону не обмежується трьома календарними зимовими місяцями, в рамках даної роботи поняття «зимовий період» включає в себе саме метеорологічний зимовий сезон, який в Україні зазвичай розпочинається у листопаді, коли середньодобова температура повітря переходить позначку 0 °С в бік зниження. «Період різкого похолодання» було визначено як період, коли мінімальна добова температура повітря не тільки вперше стає від'ємною, але й зберігає позначку нижче нуля протягом не менше семи днів поспіль.

На основі статистичних даних спостережень на метеостанціях п'яти міст України було сформовано таблицю, де визначено початок період різкого похолодання (*табл. 1*).

*Таблиця 1*

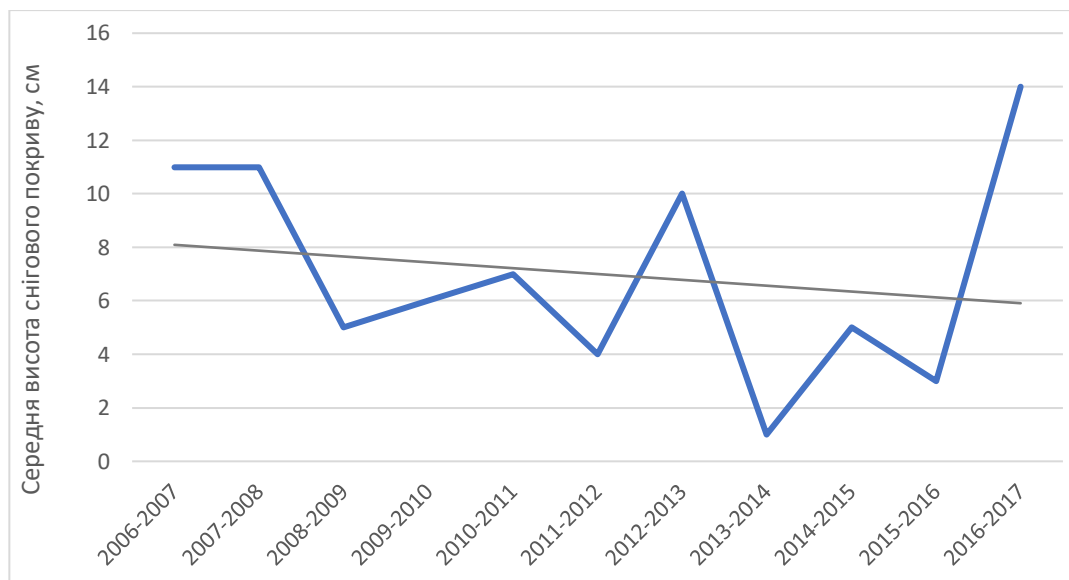
#### **Початок періоду різкого похолодання у зимовий сезон на території України протягом 2006-2017 рр.**

	<b>Львів</b>	<b>Київ</b>	<b>Харків</b>	<b>Дніпро</b>	<b>Одеса</b>
<b>2006-2007</b>	III декада січня	III декада січня	III декада грудня	III декада грудня	III декада січня
<b>2007-2008</b>	II декада листопада	II декада листопада	I декада листопада	I декада листопада	II декада грудня
<b>2008-2009</b>	III декада листопада	II декада грудня	II декада грудня	II декада грудня	III декада грудня
<b>2009-2010</b>	II декада грудня	II декада грудня	I декада грудня	I декада грудня	II декада грудня
<b>2010-2011</b>	III декада листопада	III декада листопада	III декада листопада	II декада грудня	II декада грудня
<b>2011-2012</b>	II декада грудня	II декада січня	I декада грудня	II декада січня	III декада січня
<b>2012-2013</b>	I декада грудня	I декада грудня	I декада грудня	II декада грудня	II декада грудня
<b>2013-2014</b>	I декада грудня	I декада грудня	I декада грудня	I декада грудня	I декада грудня
<b>2014-2015</b>	III декада грудня	III декада листопада	II декада листопада	III декада листопада	III декада листопада
<b>2015-2016</b>	III декада грудня	I декада січня	III декада грудня	III декада грудня	III декада грудня
<b>2016-2017</b>	II декада листопада	II декада листопада	II декада листопада	III декада листопада	III декада листопада

Просторова ситуація стосовно початку різкого періоду похолодання виглядає наступним чином: найраніше встановлення стійкого морозу (понад 1 тиждень) розпочинається у м. Харкові, що зумовлено значною континентальністю місцевого клімату. Пізніше за інші міста від'ємні температури протягом доби фіксуються в Одесі, оскільки розташована вона найпівденніше, та, відповідно, має найтепліший клімат.

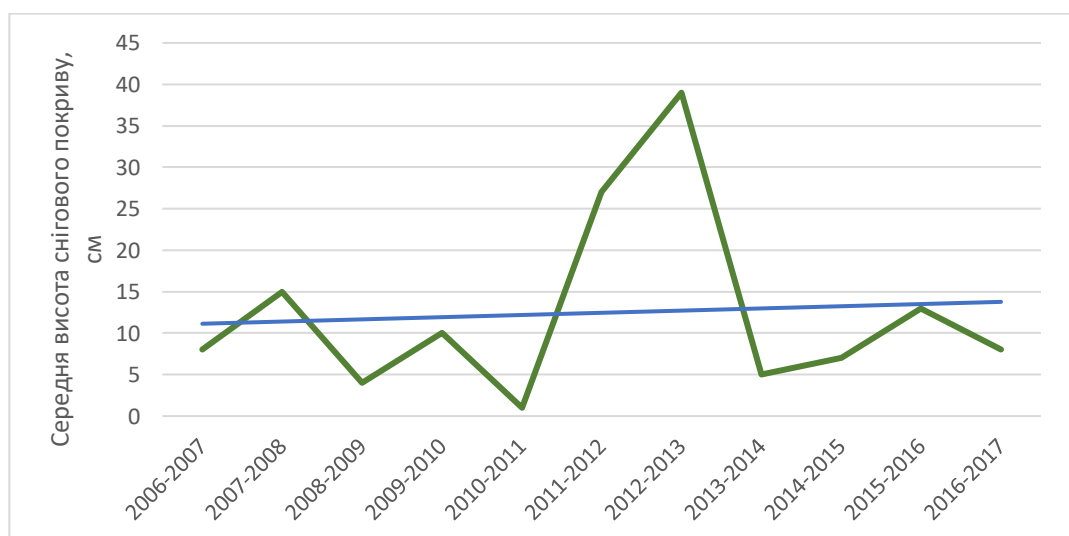
Для того, щоб детальніше дослідити можливість снігового покриву, було графічно відображено динаміку середньої висоти снігового під час різкого похолодання у зимовий період на кожній з метеостанцій протягом 2006-2017 рр..

Так, середні позначки висоти снігу у Львові (рис.1) коливаються від 1 до 14 см та мають загальну тенденцію до скорочення. Варто зазначити, що саме у Львові майже кожен період різкого похолодання, окрім зимового сезону 2013-2014 років, супроводжувався випаданням снігу. Частота випадання цього виду опадів у Львові впродовж усього зимового періоду є найвищою з поміж інших досліджуваних метеостанцій.



**Рис.1.** Динаміка середньої висоти снігового покриву міста Львів протягом першого різкого похолодання у зимовий період (2006-2017рр.)

Дослідження статистичних даних метеостанції міста Київ (рис.2) показали найбільший розмах у значеннях середньої висоти снігового покриву під час першого зимового різкого похолодання ( min – 1 см, max – 39 см).

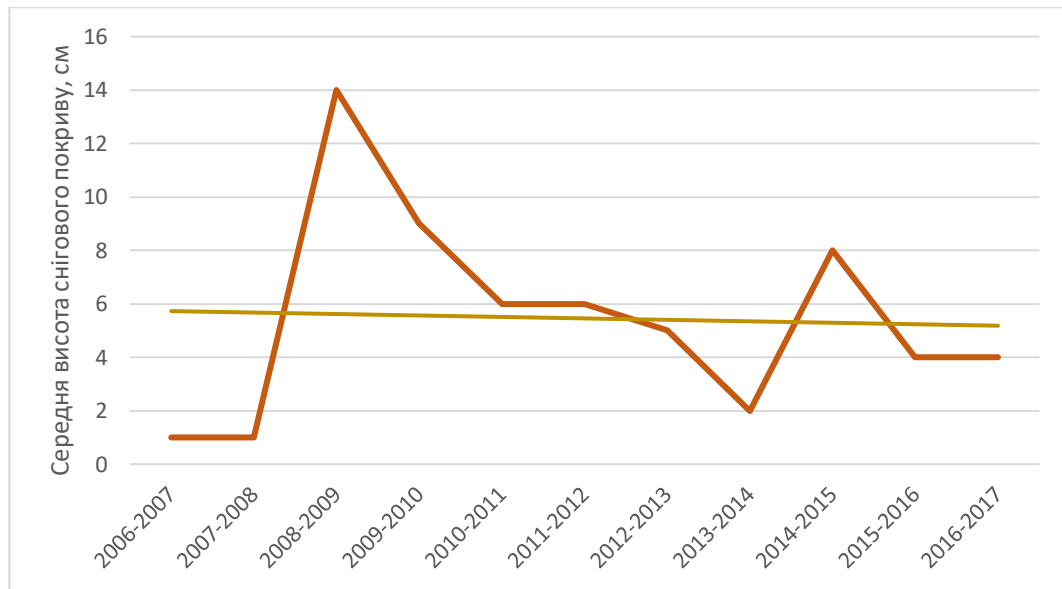


**Рис.2.** Динаміка середньої висоти снігового покриву міста Київ протягом першого різкого похолодання у зимовий період (2006-2017рр.)

Для Києва найбільше з-поміж інших досліджуваних територій найбільш притаманне тривале накопичення снігу та висота покриву, яка може сягати

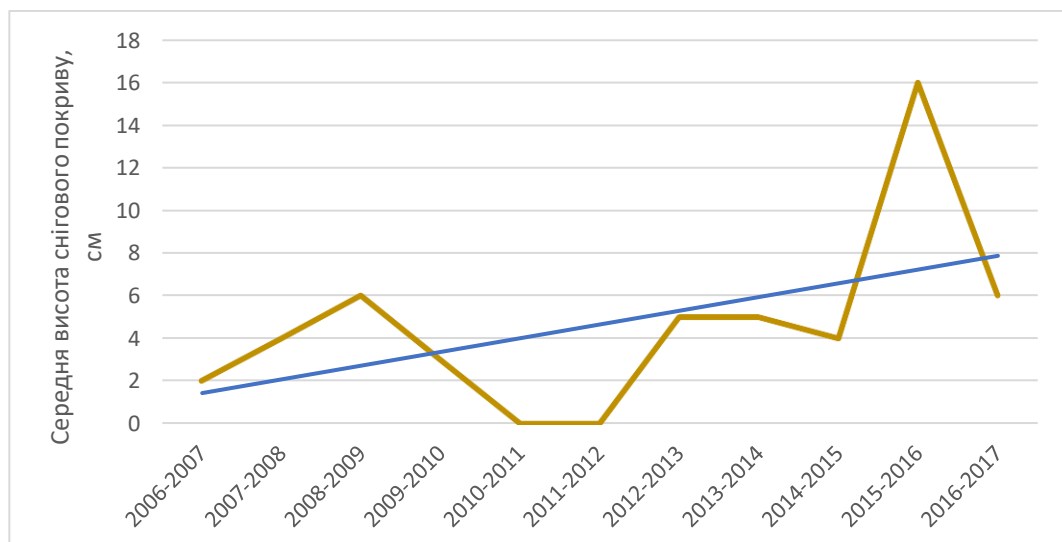
позначки 56 см в окремі дні. Для міста характерний незначний позитивний тренд середньої висоти снігового покриву перед різким похолоданням.

Дніпро відзначається невеликою негативною динамікою висоти снігу під час першого зимового похолодання протягом десятирічного періоду (рис.3). Варто зазначити, що короткочасні морози (1-3 дні) починають з'являтися в Дніпрі ще до початку різкого тривалого похолодання, але зазвичай вони не супроводжуються опадами у вигляді снігу. Найвищі позначки висоти снігового покриву фіксуються після закінчення періоду першого зимового похолодання.



**Рис.3.** Динаміка середньої висоти снігового покриву міста Дніпро протягом першого різкого похолодання у зимовий період (2006-2017рр.)

У Харкові висота снігового покриву складає від 0 до 16 см за добу (рис.4).

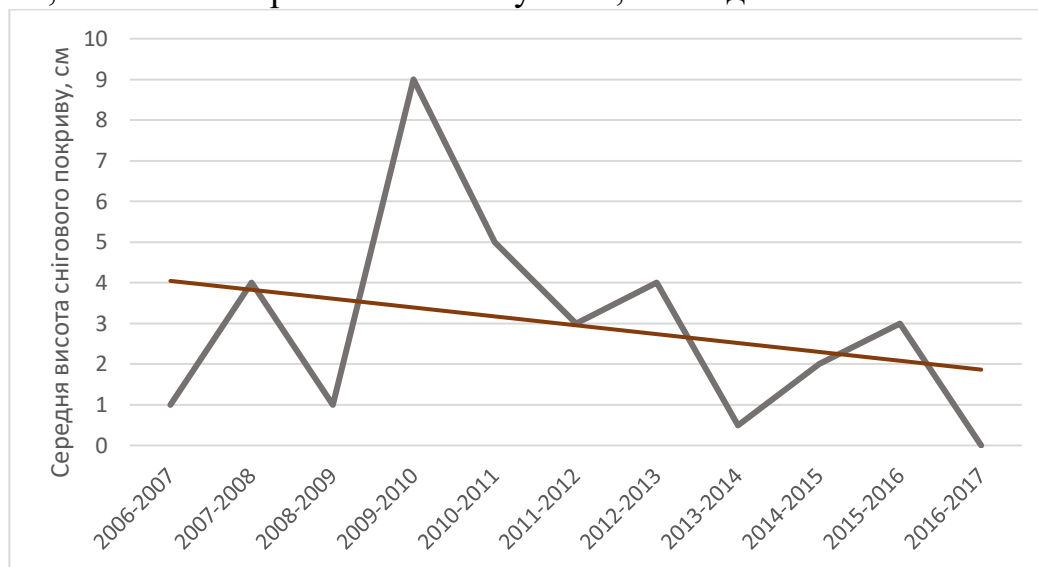


**Рис.4.** Динаміка середньої висоти снігового покриву міста Харків протягом першого різкого похолодання у зимовий період (2006-2017рр.)

Особливістю формування тут снігового покриву є те, що період першого різкого похолодання не завжди супроводжується випадінням опадів (наприклад, зимові сезони 2010-2011 та 2011-2012 років). Клімат у міста більш континентальний, ніж в інших досліджуваних територіях, а, отже, повітря має

меншу вологість, що спричинює меншу кількість опадів протягом року, в тому числі взимку.

На основі аналізу даних метеостанції м. Одеса, можна встановити, що для міста притаманна найменша висота снігового покриву у період різкого похолодання (рис.5). Варто також зазначити, що в Одесі на відміну від інших досліджуваних територій періоди морозів (в тому числі й перших) досить нетривалі, сніговий покрив не накопичується, а швидко тоне.



**Рис.5. Динаміка середньої висоти снігового покриву міста Одеса протягом першого різкого похолодання у зимовий період (2006-2017рр.)**

**Висновки.** Отже, в результаті дослідження було досягнуто мети та поставлених завдань. Зокрема, визначено періоди першого різкого похолодання у зимовий період на різних територіях України. Виявлено, що на північному сході країни такий період починається раніше, а на півдні – найпізніше. Результати аналізу середньої висоти снігового покриву у період різкого похолодання протягом 2006-2017 років відображено графічно. Встановлено, що найбільша частота випадіння снігу характерна для західної частини України, а найстійкіший сніговий покрив – для північної.

Аналіз динаміки значень середньої висоти снігового покриву протягом десятирічного періоду показує тенденцію до скорочення висоти снігового покриву на заході, півдні та у центрі України, та до зростання – у столиці та на північному сході. Десятирічного періоду недостатньо для того, щоб робити висновки про кліматичну зміну на основі виявлених результатів, однак, дані виявлені тренди можуть стати підґрунтям та лягти в основу подальших досліджень динаміки висоти снігового покриву. Також результати даної роботи можуть бути використані при метеорологічних, краєзнавчих, аграрних, екологічних та інших дослідженнях, пов'язаних зі сніговим покривом.

### Список використаних джерел

1. Кіптенко Є.М., Козленко Т.В., Щербань І.М. Вологість повітря в умовах сучасного клімату. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [uhmi.org.ua > conf > presentation\\_pdf > poster\\_1 > Kiptenko\\_Kozlenko](http://uhmi.org.ua/conf/presentation_pdf/poster_1/Kiptenko_Kozlenko)

2. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы: учебник. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 751 с.
3. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Вип. 3. Ч.1. Метеорологічні спостереження на станціях. Київ: Державна гідрометеорологічна служба, 2011. 279 с.
4. Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г. Метеорологічні прилади та вимірювання: навчальний посібник. Київ: Інтерконтиненталь-Україна, 2012. 123 с.
5. Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія: підручник. Київ: ВПЦ Київський університет, 2010. 592 с.
6. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина Метеорологічні спостереження на станціях. К.: Ніка-Центр, 2011, 280 с.



Павленко Артем Вікторович  
Освітня програма «Метеорологія» ОР Бакалавр  
Науковий керівник: д.геогр.н., доцент, Шевченко Ольга Григорівна  
Рецензент: к.геогр.н., доцент, Пасько Володимир Феодосійович

## **Температурний режим північного регіону України в умовах кліматичних змін**

**Актуальність теми.** На різних континентах та у різних регіонах нашої планети температура повітря суттєво відрізняється. Температурний режим середовища існування є дуже важливим для життєдіяльності організмів, які населяють нашу планету. Також клімат регіону значною мірою визначатиме економічну діяльність людини, підходи до будівництва житла, сезонність захворювань, тощо. Глобальна зміна клімату та її регіональні прояви можуть спричинювати низку негативних наслідків для екосистем та для людини зокрема. За даними кліматологів, температура повітря на території України зростає швидше ніж в середньому по планеті, а за даними Балабух В.О. [1] темпи зростання температурив різних регіонах України також дещо відрізняються.

*Метою роботи* є дослідження динаміки температурного режиму північного регіону України.

*Об'єкт дослідження* – температурний режим північного регіону України.

*Предмет дослідження* – зміни температури повітря у північному регіоні України.

Для проведення даного дослідження були використано дані Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського про температуру повітря у північному регіоні України за 1976 по 2015 рр., отримані на 9 метеорологічних станціях, а також дані Кліматичного кадастру України [2]. Статистичну та графічну обробку зібраних даних було виконано на персональному комп'ютері з використанням програми "Excel".

### **Виклад основного матеріалу.**

У першому розділі за літературними джерелами проаналізовано основні причини та прояви глобальної зміни клімату на планеті; вивчено основні підходи до прогнозування та результати проєкцій клімату за різними сценаріями; досліджено регіональні прояви зміни клімату на території України в останні десятиліття.

Неконтрольований видобуток та використання викопного палива, безвідповідальне споживання енергії, викиди в атмосферу великої кількості забруднювальних речовин та парникових газів призводить до посилення парникового ефекту планети, що є основною причиною сучасного підвищення температури. За даними Бюлетня ВМО з парникових газів [8], у 2018 році глобальні усереднені значення концентрації двоокису вуглецю досягли 407,8 част. на млн (147 % від доіндустріального рівня), що перевищило концентрацію 2017 року. Річний індекс вмісту парникових газів Національного управління з дослідження океану і атмосфери (NOAA) свідчить, що з 1990 по 2018 рік радіаційний вплив парникових газів зріс на 43 %, причому на двоокис вуглецю припадає приблизно 80 % цього зростання.

Середня глобальна температура планети помітно зросла. Кожне з останніх чотирьох десятиліть за період 1981–2020 рр. було послідовно теплішим, ніж будь-яке десятиліття з 1850 р. по 1980 р. Глобальна температура в перші два десятиліття XXI ст. (2001–2020) була вищою на 1,0°C, ніж середня температура за 1850–1900 роки [5]. Крім росту температури на планеті, зростає кількість спекотних днів та випадків хвиль тепла, частішають засухи та повторюваність стихійних гідрометеорологічних явищ, підвищується рівень Світового океану – за період 1901–2018 рр. відбулося зростання на 0.2 м.

З метою отримання прогнозів еволюції клімату, застосовуються моделі клімату, що ґрунтуються на інформації, описаній в сценаріях викидів парникових газів та моделях землекористування. До основних чинників, які зумовлюють зміни антропогенних викидів парникових газів, належать економічний та демографічний розвиток, спосіб життя і поведінка, пов'язані зі змінами споживання енергії та землекористування, технологій та кліматичною політикою. Стандартний набір сценаріїв, які прийняті у 2014 році і опубліковані у П'ятій оціночній доповіді Міжурядової групи з питань зміни клімату (AR5) називається Репрезентативні Траєкторії Концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). RCP описують чотири можливі варіанти концентрацій парникових газів в атмосфері: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, та RCP8.5. Вони названі за можливою величиною радіаційного форсингу у 2100 р., порівняно зі значеннями в доіндустріальний період (+2.6, +4.5, +6.0 та +8.5 Вт/м<sup>2</sup>). Для всіх сценаріїв до кінця поточного століття (2081–2100 рр.) очікується зростання глобальної середньої температури. За RCP 2.6 – на 1°C, за RCP 4.5 – на 1.8°C, за RCP 6.0 – на 2.2°C і за RCP 8.5 – на 3.7°C [4]. Останній сценарій вважається найбільш небезпечним серед інших, адже у випадку його реалізації очікуються катастрофічні наслідки для екосистем планети.

Середня річна температура повітря на території України за 1991–2010 рр. була вищою на 0,8°C, порівняно з кліматичною нормою (1961–1990 р.) [1]. Найбільше зростання температури повітря зафіксовано у січні – приблизно на 2°C) [3]. Зросла також максимальна та мінімальна температури повітря. Змінилися дати переходів температури повітря через 0°C восени та навесні і таким чином відбулися зміни у настанні і тривалості осіннього та весняного сезонів. На всій території України в кілька разів підвищилася повторюваність хвиль тепла за період 1991–2015 рр., порівняно з періодом 1961–1990 рр. [6]. На фоні практично незмінної середньої річної кількості опадів зафіксований перерозподіл кількості опадів, як по регіонах України, так і по сезонах. Відмічаються зміни інтенсивності та характеру їх випадання.

У *другому розділі* охарактеризована територія досліджень, вихідні дані та методика досліджень, які були використані в роботі. Згідно розпорядження Державного комітету України з гідрометеорології від 20.03.1997 № 14 Про термінологію територіального поділу України в прогнозах і попередженнях, північний регіон України складається з Житомирської, Київської, Чернігівської та Сумської областей. Для виконання задач дослідження були використані дані спостережень 9 метеорологічних станцій, які рівномірно розташовані по території північних областей: Чернігів, Київ, Суми, Конотоп, Коростень,

Прилуки, Семенівка, Фастів та Житомир за 1976–2015 рр., а також дані Кліматичного кадастру України [2].

*Третій розділ* присвячено дослідженню динаміки температурного режиму північного регіону України. В сучасний період (1990–2015 рр.) середня річна температура повітря у північному регіоні підвищилася від 0.8°C (у Фастові) до 1.3°C (у Житомирі), порівняно з кліматичною нормою 1961–1990 рр. Найвищі середньорічні значення температури за сучасний період майже для всіх станцій досліджуваного регіону зафіксовані у 2015 році. Виняток становлять станції Прилуки та Суми, де найвищі середні температури зафіксовані у 2007 та 2012 р., відповідно. Слід зазначити, що у 2015 році в західних та північних областях України та в деяких сусідніх державах спостерігалася дуже потужна хвиля тепла, яку через її інтенсивність та значну тривалість відносять до мега-хвиль тепла [7].

Для оцінки зміни температурного режиму розраховують значення відхилень середньої річної температури від кліматичної норми за багаторічний період і представляють їх графічно, встановлюючи динаміку до зростання або зниження середньої річної температури повітря. За період 1976–2015 рр. середня річна температура повітря для всіх досліджуваних станцій північного регіону характеризувалася тенденцією до зростання (рис. 1).

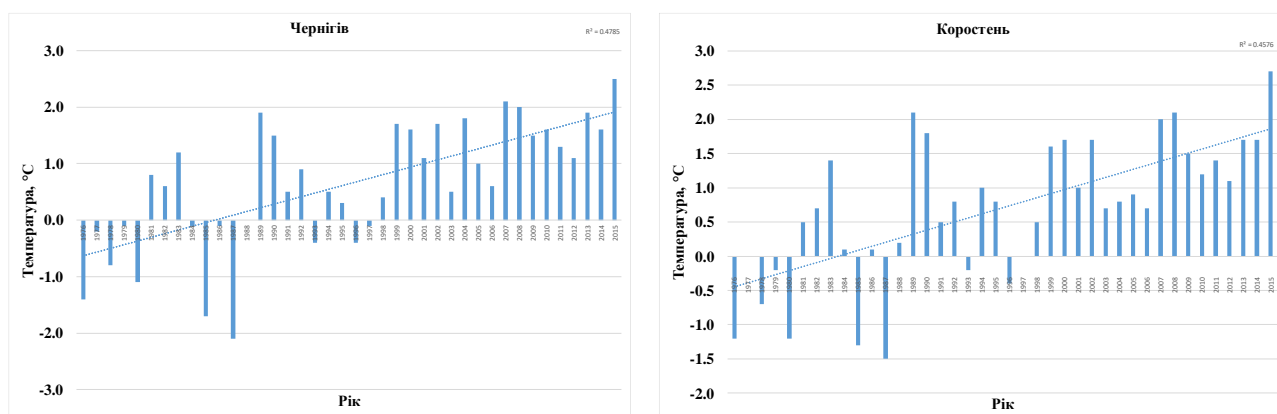


Рис. 1. Аномалії середньої річної температури повітря відносно кліматичної норми (1961–1990 рр.) на метеорологічних станціях Чернігів та Коростень.

На МС Київ, Житомир та Прилуки з 1998 по 2015 роки зафіксовані лише позитивні аномалії середніх річних значень температури повітря. На інших станціях в цей період переважають позитивні аномалії, проте були зафіксовані окремі роки з середньою температурою нижче кліматичної норми.

Аналіз середньої місячної температури повітря на станціях північних областей свідчить, що зростання температури відбувається нерівномірно протягом року – виділяються окремі місяці і сезони, що характеризуються вищими темпами росту. Найбільше зростання температури в річному ході у сучасний період зафіксовано у січні – в середньому по регіону на 2.7°C. Для різних станцій значення цього показника варіювалися від 2.4 у Києві до 3.1 – на станції Семенівка. В лютому в середньому по станціях північних областей температура зросла на 1.7°C. Суттєве підвищення температури повітря у ці місяці призвело до того, що зима стала сезоном з найвищим зростанням температури повітря. Взимку температура зросла на 1.6°C, в той час як влітку і навесні – на 1.0°C, а восени – лише на 0.4°C. При цьому, на окремих станціях північного регіону температура повітря у жовтні в сучасний період лишилася

без змін, порівняно з її значенням за період кліматичної норми. Значною строкатістю характеризуються значення аномалій середньої температури у літні місяці за 1991–2015 рр., порівняно з кліматичною нормою. На окремих станціях зафіксовано зростання температури повітря на кілька градусів, а в інші – навіть зниження температури повітря на кілька десятих.

**Висновки.** Отже, у сучасний період для північного регіону України характерне зростання температури повітря. У середньому по регіону за період 1991–2015 рр. температура підвищилася на 0.9°C, порівняно з кліматичною нормою. Найбільше зростання температури в річному ході у сучасний період зафіксовано у січні (в середньому по регіону 2.7°C) і в цілому за зимовий сезон (на 1.6°C). Найменші зміни температури зафіксовано восени – на 0.4°C. Таким чином, закономірності зміни температурного режиму північного регіону, отримані в даній роботі, узгоджуються з результатами аналогічних досліджень для інших частин території України.

### **Перелік використаних джерел:**

1. Балабух В.О. Зміна інтенсивності конвекції в Україні: причини та наслідки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://meteo.gov.ua/files/content/docs/Vinnitsa/UkrGMI.pdf>. – назва з екрану.
2. Кліматичний кадастр України [Електронний ресурс] / [упорядн.: О.О. Косовець, М.М. Кульбіда, Л.А. Гейко та ін.]. – 80 min/700 MB. – К.: Державна Гідрометеорологічна служба, УкрНДГМІ, ЦГО, 2006.
3. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату, 2009.
4. FifthAssessmentReport (AR5) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/mindex.shtml> – Назва з екрану.
5. The IPCC finalized the first part of the Sixth Assessment Report, Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
6. Shevchenko O., Snizhko S., Zapototskyi S., Svintsitska H., Matviienko M., Matzarakis A. Long-term analysis of thermal comfort conditions during heat waves in Ukraine. *Geographia Polonica* 2022. Vol. 95, Is.1. pp.53–70
7. Shevchenko O., Snizhko S., Zapototskyi S., Matzarakis A. Biometeorological Conditions during the August 2015 Mega-Heat Wave and the Summer 2010 Mega-Heat Wave in Ukraine. *Atmosphere* 2022, 13, 99. <https://doi.org/10.3390/atmos13010099>.
8. WMO Greenhouse Gas Bulletin. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2018 [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10100](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10100) – Назва з екрану.

Повшик Тетяна Андріївна  
Освітня програма «Метеорологія» ОР Бакалавр  
Науковий керівник: к.г.н., ст.н.с. відділу фізики атмосфери  
Українського гідрометеорологічного інституту  
Щеглов Олександр Андрійович  
Рецензент: професор, доктор географічних наук  
завідувач кафедри метеорології та кліматології,  
Сніжко Сергій Іванович

## **РОЛЬ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ЧИННИКІВ У ФОРМУВАННІ АНОМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ У ЛЬВІВСЬКІЙ ТА ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ**

**Актуальність дослідження.** Кліматичний режим опадів визначає умови існування екосистем, умови проживання людей та певною мірою визначає економічний потенціал територій в деяких галузях економіки. Кліматичній системі характерна кліматологічна мінливість, що проявляється в коливанні кількості опадів відносно норми. Коливання в бік аномальної кількості опадів за певний період часу може призводити до негативних наслідків, здебільшого соціально-економічних. Аномальні за кількістю та тривалістю опади зумовлюють надмірне навантаження на інфраструктуру міст та можуть призводити до підтоплень, пошкоджень житлового і нежитлового фондів, зниження врожайності сільськогосподарських культур, прискорювати процеси ерозії тощо. Прогнозування кількості опадів із завчасністю понад місяць вимагає статистичного дослідження впливу циркуляційних процесів на випадання опадів в конкретних регіонах.

**Мета роботи** – дослідити взаємозв'язок великомасштабних атмосферних процесів та кількості опадів на метеорологічних станціях Львівської та Волинської областей України по місяцям та сезонам.

**Об'єктом дослідження** є режим атмосферних опадів на території Львівської та Волинської областей України.

**Предметом дослідження** є періоди з аномальною кількістю опадів у Львівській та Волинській областях України та їх зв'язок із великомасштабними атмосферними процесами.

Для досягнення мети поставлено наступні завдання:

- Розрахувати характеристики режиму опадів на метеорологічних станціях Львівської та Волинської областей за сучасний кліматологічний період 1991-2020 рр.
- Розрахувати порогові значення та виділити періоди (пентади, декади, місяці та сезони) з аномальною кількістю опадів для метеорологічних станцій регіону дослідження.
- Проаналізувати синоптичні умови тривалих дощів категорії стихійне метеорологічне явище (СМЯ II) за період 1991-2020 рр. у Львівській та Волинській областях.
- Проаналізувати кореляційні зв'язки кількості опадів на метеорологічних станціях Львівської та Волинської областей з індексами циркуляції.

**Методи дослідження.** В роботі використані методи кліматологічної обробки даних, математичної статистики (кластерний аналіз, кореляційний аналіз), синоптичний аналіз, для візуалізації результатів використано графічний та картографічний методи. Вхідними даними для аналізу є добові дані опадів, отримані від Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського з мережі метеорологічних станцій, дані індексів циркуляції отримано з офіційного сайту National Weather Service Climate Prediction Center [3]. Використано програмні засоби EXCEL, Statistica, QGIS.

#### **Виклад основного матеріалу.**

У першому розділі проаналізовано дослідження вітчизняних науковців щодо атмосферних опадів (Ромов А.І., Пірнач Г. М., Мартазінова В. Ф., Ліпінський В. М., Осадчий В. І., Бабіченко В. М., Паламарчук Л.М., Шпиг В.М., Тимофеев В.Є., Іванова О. К. та ін.) та виявлено, що більшість стосуються або дослідження кліматичного режиму опадів, або дослідження екстремальних опадів на часових масштабах одна доба і менше [4,5,6,7,8,9,10]. Тому, дана робота має на меті розкрити тему аномальних опадів за більш тривалі проміжки часу – від двох діб до сезону. В Настанові [2], що використовується Українським гідрометеорологічним центром, також визначено критерії тривалих дощів за максимальний період 2 доби. Так, категорія стихійне метеорологічне явище II (СМЯ II) – це сильні тривалі дощі 100-149 мм за 12-48 годин, а категорія СМЯ III – надзвичайні тривалі дощі – понад 150 мм за 12-48 годин. Однак вітчизняні керівні документи з гідрометеорологічної діяльності не встановлюють граничні критерії для аномальної кількості опадів за період понад 2 доби. Тому з метою визначення аномальних опадів нами було використано підхід, що широко застосовується в закордонних дослідженнях – процентиля.

У другому розділі представлено результати розрахунку характеристик режиму опадів на метеостанціях регіону дослідження. Зокрема розраховано значення 95-го процентиля для 48-годинних, пентадних (5 діб), декадних (10 діб), місячних та сезонних кількостей опадів на метеорологічних станціях Волині та Львівщини за кліматологічний період 1991-2020 рр. Щодо місячної кількості опадів, використання 95 процентиля для вибірки 30 років є недоречним. Тому з метою виділення градації аномальної кількості опадів, використано рекомендації Всесвітньої метеорологічної організації щодо довгострокових прогнозів погоди [1], згідно яких категорія «вище норми» визначається як кількість опадів вище рівня верхнього терциля. Варто зазначити, що враховуючи різноманітність фізико-географічних умов території, відмічено суттєвий розкид розрахованих значень. З метою узагальнення, здійснено кластеризацію станцій обраного регіону за даними розрахованих граничних значень з попередньо заданою кількістю кластерів, кількість яких 3, що обґрунтовується різноманітністю рельєфу обраного регіону дослідження, який включає гірські райони, височини та низовину. До I кластеру увійшли метеорологічні станції Турка, Славське (Карпатський регіон); до кластеру віднесено станції Мостиська, Дрогобич, Стрий, Яворів, Львів, Рава-Руська, Кам'янка-Бузька, Броди, Маневичи (Подільська та Волинська височини); до III кластеру – станції Володимир-Волинський, Луцьк, Ковель, Світязь, Любешів (Поліська низовина). Кластеризація дозволила

виділити станції із подібними характеристиками аномальної кількості опадів (Табл.1).

Таблиця 1. Діапазон значень аномальної кількості опадів на метеостанціях в межах виділених кластерів, мм

Кластер	Часовий масштаб					
	Сезон	2 доби	5 діб	10 діб	Місяць	Сезон
I	Зима	13,8-16,8	28,6-34,1	47,9-59,3	58,2-84,8	183,8-202,2
	Весна	20,3-22,3	40,4-44,0	64,0-71,6	57,3-127,0	254,9-289,3
	Літо	29,4-33,9	55,8-59,7	92,0-101,5	93,2-170,1	396,3-417,6
	Осінь	22,0-25,2	43,3-48,5	67,5-79,8	80,1-113,1	249,9-279,2
II	Зима	9,8-12,8	18,4-23,4	30,6-38,9	32,9-61,6	120,3-167,4
	Весна	15,7-19,2	29,5-39,8	48,0-63,1	37,0-113,9	173,4-220,4
	Літо	22,3-28,6	42,5-52,7	66,6-86,6	72,9-135,6	274,2-335,1
	Осінь	15,1-18,8	29,0-35,5	48,4-58,4	47,3-90,2	172,0-205,4
III	Зима	8,7-10,3	17,4-19,8	29,0-33,5	33,9-53,6	106,1-131,2
	Весна	13,4-14,8	24,8-29,3	44,0-47,6	35,8-92,9	143,7-163,4
	Літо	20,7-24,0	41,1-47,8	64,9-83,0	68,6-128,1	230,8-273,1
	Осінь	13,0-15,8	25,4-31,9	42,7-49,5	38,0-77,8	148,5-187,8

Як видно з таблиці 1, аномальні величини кількості опадів змінюються впродовж року і максимальних значень набувають влітку, а взимку – мінімальних. В місячному розрізі максимальні значення припадають на липень, мінімальні – на січень. Найбільші аномальні значення для усіх часових масштабів характерні для I кластеру, в який увійшли гірські метеостанції. Найменші граничні значення характерні для III кластеру. Таким чином, в межах регіону простежується відомий в метеорології ефект орографічного збільшення кількості опадів. Так, на станціях I кластеру розраховані величини в середньому на 36,1% вищі, порівняно з II кластером та на 56,6% – з III кластером. В обох випадках найбільші відхилення характерні для зими (47,0% та 65,8% відповідно), найменші – для літа (27,3% та 40,1% відповідно).

Встановлення критичних аномальних значень для 2, 5, 10-ти денної, місячної та сезонної кількості опадів та верхніх терцилів для місячної та сезонної кількості опадів відповідно дозволило в кількісному вимірі задати поняття аномальної кількості опадів за різні інтервали часу та сформувати відповідні вибірки для аналізу синоптичних умов.

У третьому розділі проаналізовано випадки СМЯ II на обраних станціях та проведено їх синоптичний аналіз. За 30 років 1991-2020 рр. на 16 метеостанціях Львівської та Волинської областей не виявлено жодного випадку надзвичайно тривалих дощів СМЯ III. Критерію СМЯ II за цей самий період часу задовольняють 30 випадків (0-7 випадків на кожній станції).

Максимальне зафіксоване значення кількості опадів за 2 доби (24-25 липня 2008 року) становить 144,1 мм. Переважна більшість випадків СМЯ II припадає на літні місяці, решта – на кінець весни та початок осені.

Аналіз приземних карт та карт висотної баричної топографії за дати, в які були зафіксовані тривалі дощі категорії СМЯ II, дозволив виділити 4 основні типи синоптичних процесів. Найбільш повторюваний процес (7 випадків) – це розвиток висотного циклону (або циклону відсічення) з центром над західною Україною або Балканами. Також зафіксовано 4 випадки переміщення південного циклону, 2 випадки скандинавського/стаціонарного циклону та один випадок переміщення західного циклону.

В четвертому розділі представлено результати кореляційного аналізу між місячними даними 7 індексів: Східноатлантичним (EA), Північноатлантичним (NAO), Арктичним (AO), Східноазійським/Західноросійським (EA/WR), Середземноморським (MOI), Скандинавським (SCAND), Полярним/Євразійським (Polar Eurasia) коливаннями та місячною кількістю опадів на станціях регіону дослідження. Оскільки довжина вибірки склала 30 років, за допомогою таблиць статистичної значущості коефіцієнту лінійної кореляції Пірсона визначено критичне значення  $r = \pm 0,361$  для рівня значущості 5%.

Найбільш часто значуща кореляція, в окремі місяці, спостерігається для 3 індексів: MOI (додатна), Polar Eurasia (від'ємна), AO (від'ємна). З індексом MOI корелюють практично всі станції в зимовий період. Місячна кількість опадів на найвищій та найбільш південній станції регіону (Славське), корелює з MOI майже в усі місяці року. З індексом Polar Eurasia, переважно, корелюють станції II і III кластерів, тоді як з I кластером кореляція майже відсутня. На станціях у центральній частині регіону значуща кореляція проявляється в осінній період. Індекс AO корелює з переважною більшістю станцій в осінньому сезоні. Щодо індексу NAO – відсутня кореляція з вересня до січня включно, значуща від'ємна кореляція простежується в перехідні сезони (зокрема, місяці березень та квітень). Інші індекси продемонстрували або надто малу кількість значущих коефіцієнтів, або неоднозначний характер зв'язку (наприклад, SCAND).

**Висновки.** Таким чином, в ході роботи розраховано граничні значення аномальної кількості опадів на основі даних за період 1991-2020 рр. у Львівській та Волинській областях. Ці значення та сама вибірка випадків можуть бути використані для моделювання зон підтоплень при паводках в регіоні, а також враховані в будівельних нормах.

На основі найбільш екстремальних випадків аномальних опадів (СМЯ II) визначено типові синоптичні ситуації, які призводять до таких опадів. Дані щодо дат з аномальними опадами, їх кількості та відповідний картографічний матеріал можуть бути використані в навчальній синоптичній практиці, а також для подальшої роботи над темою дослідження аномальних опадів в Україні.

Кореляційний аналіз дозволив виявити індекси, які можуть бути використані для покращення або розробки методів середньострокового та довгострокового прогнозів опадів в окремі періоди року. Аномальна кількість опадів в регіоні дослідження із високою достовірністю супроводжується



аномально високими значеннями МОІ (взимку); аномально низькими значеннями Polar Eurasia, АО (взимку та в перехідні сезони) та НАО (навесні).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Guidance on Verification of Operational Seasonal Climate Forecasts. WMO, 2018. – 65.
2. Настанова з метеорологічного прогнозування. Київ, 2019. 35 с.
3. National Weather Service Climate Prediction Center URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>
4. Ромов А.И., Богатырь Л.Ф. Локальная классификация мезосиноптических положений при сильных летних осадках в Украинских Карпатах. Тр. УкрНИГМИ, 1972. Вып.117. С. 3-26.
5. Пірнач Г.М., Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Чисельні та експериментальні дослідження фронтальних систем, які зумовили небезпечні явища на Україні. Наук. пр. УкрНДГМІ, 2002. Вип. 250. С. 42-60.
6. Мартазінова В. Ф., Іванова О. К., Олексієнко І. М. Можливість довгострокового прогнозу зливових опадів на території України. Наук. Пр. УкрНДГМІ. 2009. Вип. 258. С. 57-58.
7. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005рр.) / за ред. В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М.Бабіченко. 2006. 312 с.
8. Паламарчук Л. В., Шпиг В. М., Гуда К. В. Умови формування сильних опадів холодного періоду року на рівнинній території України. Фізична географія та геоморфологія. 2014. Вип. 2. С. 110-120.
9. Синоптичні умови утворення стихійних явищ погоди на території України. Частина I / Т. М. Заболоцька, В. М. Шпиг // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. Т. 1. С. 57-67.
10. Тимофеев В.Е., Татарчук О.Г., Щеглов О.А. Деталізація багаторічної зміни атмосферних опадів у літній сезон. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2012. Вип.60. С.30-33.

Судика Єлизавета Олегівна  
Освітня програма «Метеорологія» ОР Бакалавр  
Науковий керівник: кандидат географічних наукст.н.с.  
відділу фізики атмосфери  
Українського гідрометеорологічного інституту  
Щеглов Олександр Андрійович  
Рецензент: кандидат географічних наукст.н.с. відділу фізики атмосфери  
Українського гідрометеорологічного інституту  
Ошурок Дмитро Олександрович

## **Особливості зимового температурного режиму на прикладі Хмельницької та Житомирської областей України**

**Актуальність теми.** Характеристики режиму температури повітря є одними із ключових при оцінці кліматичних умов будь-якої території. Результати дослідження кліматичного режиму температури повітря взимку можуть бути використані для розрахунків при плануванні витрат на опалювальний сезон (наприклад, середньостатистична тривалість, початок та кінець опалювального сезону), врахування характеристик температури при оновленні будівельних норм, для планування агротехнічних заходів або моделювання врожайності сільськогосподарських культур тощо. Зміни клімату, зокрема глобальної температури повітря зумовлюють необхідність використання найбільш актуальних даних. Всесвітньою метеорологічною організацією напрацьовано рекомендації, згідно яких варто використовувати 30-річні періоди для характеристики клімату. Найбільш сучасна кліматологічна норма охоплює період 1991-2020 рр., який і був взятий за основу у цій роботі.

*Мета роботи* – дослідити зимовий температурний режим за кліматологічний період 1991-2020 рр. на метеорологічних станціях Хмельницької та Житомирської областей України.

*Об'єкт дослідження* - температурний режим на метеорологічних станціях Хмельницької та Житомирської областей України взимку за кліматологічний період 1991-2020 рр.

Предмет дослідження - характеристики температурного режиму повітря: дати сталого переходу через  $5^{\circ}$  та  $0^{\circ}$  С, повторюваність аномальних значень, середні місячні значення.

### **Завдання**

- Розрахувати середні та екстремальні характеристики зимового температурного режиму на метеорологічних станціях регіону дослідження (Хмельницької та Житомирської областей) за кліматологічний період 1991-2020 рр.
- Визначити дати сталого переходу через  $5$  і  $0^{\circ}\text{C}$  та розрахувати середні дати переходу на станціях регіону дослідження за кліматологічний період 1991-2020 рр.
- Визначити частість середньої добової температури повітря та дати першого прояву температури нижче  $-5$ ,  $-10$ ,  $-15^{\circ}\text{C}$ .

### **Виклад основного матеріалу.**

*Перший розділ.* Стан вивченості проблеми та загальна характеристика регіону дослідження.

Проблема зміни клімату є однією з найбільш актуальних глобальних проблем. Висновки про зміни глобальної температури та регіональних змін температури наявні у великій кількості робіт. Зокрема, дослідження щодо зміни температури повітря в Україні вказують на підвищення середніх значень залежності від регіону та сезону [5,6]. Дослідження режиму температури не обмежується середніми, мінімальними, максимальними значеннями, але включає в себе специфічні параметри, такі як дати сталого переходу температури повітря через певне значення. Цьому питанню присвячені роботи вітчизняних авторів [1,2].

Виходячи зі змін клімату і необхідності оновлення кліматичної інформації, в нашій роботі для характеристики режиму температури ми використали дані за 1991-2020 рр., що відповідають сучасній кліматичній нормі. Для дослідження обрано станції в межах Житомирської та Хмельницької областей та по одній додатковій станції з Рівненської та Вінницької областей.

Більша частина Житомирської області лежить у межах Придніпровської височини, північну і північно-східну частини займає Поліська низовина. Поверхня хвиляста із загальним зниженням на північ і північний схід (від 280-220 м до 150 м і менше). Хмельниччина лежить в межах центрально-східної частини Подільської і крайньої східної частини Волинської височин. Середня абсолютна висота області – 275 м над рівнем моря, максимальна – 409 м (одна з вершин Товтр на північному заході Чемеровецького району), а мінімальна – 121 м (рівень Дністровського водосховища). Таким чином, амплітуда абсолютних висот в області перевищує 280 м. У цілому ж поверхня має нахил від середньої найвищої частини до північної і південної окраїн.

*Другий розділ.* Методика та дані дослідження.

Для вирішення поставлених завдань використані методи кліматологічної обробки даних, математичної статистики, візуалізацію результатів проведено графічним та картографічним методами. Для розрахунків програмні засоби EXCEL, QGIS. Даними для дослідження є середні добові, мінімальні та максимальні добові значення температури повітря, отримані в Центральній геофізичній обсерваторії ім. Б. Срезневського з мережі метеорологічних станцій України. В межах регіону дослідження обрано 8 метеорологічних станцій: у межах Житомирської області: Коростень (висота над рівнем моря 174 м), Олевськ (183 м), Житомир (221 м), Новоград-Волинський (289 м); в межах Хмельницької області: Шепетівка (217 м), Хмельницький (295 м); додаткові станції в сусідніх областях: Рівне (187 м), Вінниця (248 м).

*Третій розділ.* Основні характеристики температурного режиму холодного періоду року.

За даний період спостереження по всій території дослідження січень виступає найхолоднішим зимовим місяцем з середньою температурою ( $T_c$ ) -  $3,5^{\circ}\text{C}$ . Найтеплішим місяцями є жовтень з  $T_c$   $7,9^{\circ}\text{C}$ . У листопаді, грудні та лютому  $T_c$  становить  $2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $-2,0^{\circ}\text{C}$  та  $-2,3^{\circ}\text{C}$  відповідно. На півдні, а саме на станціях Шепетівка, Хмельницький та Вінниця, середньомісячна температура повітря на  $0,3...0,4^{\circ}$  нижча порівняно з іншими станціями, на яких в

середньому температура відрізняється на  $0,1 \dots 0,2^\circ\text{C}$ . Ця закономірність пов'язана з особливістю рельєфу. Середня зимова температура становить  $0,8^\circ\text{C}$ .

Зимовий період триває з жовтня по березень – місяці, в яких відбувався перехід через  $0^\circ\text{C}$ . В середньому сталий перехід температур через  $0^\circ\text{C}$  на весні та восени припадають на 19-22 листопада та 7-10 березня з середньою тривалістю зими становить 108-114 діб. Від'ємний та додатний перехід через  $-5^\circ\text{C}$  починається з 4-9 грудня по 23-27 лютого з тривалістю 79-87 доби, через  $-10^\circ\text{C}$  – з 24-27 грудня по 10 лютого і триває 42-49 днів, перехід через  $-15^\circ\text{C}$  – з 4-8 по 12-20 грудня з тривалістю 9-16 днів. Восени перехід через  $0^\circ\text{C}$  відбувається у напрямку із заходу на схід у продовж 3 днів, через  $-5^\circ\text{C}$  – так само і у продовж 5 днів, через  $-10^\circ\text{C}$  відбувається з сходу на захід за 3 дні і відповідно через  $-15^\circ\text{C}$  за 4 дні. Весною через  $0, -5, -10, -15^\circ\text{C}$  із сходу на захід за 3, 4, 6 та 10 дні відповідно.

Весною найпізніший стійкий перехід середньої добової температури повітря через  $0^\circ\text{C}$  спостерігався 1-4 квітня 1995 р. та на станціях Коростень, Хмельницький та Шепетівка – 9 квітня 2003 р., тобто відхилення від середньої дати переходу становить 25-30 днів. Восени найпізніший перехід спостерігався на станціях Коростень, Хмельницький та Шепетівка – 29 грудня 2015 р., та по всій території 8-9 січня 2017 р., що дає відхилення від середньої дати на 40-50 днів. Такі відхилення можуть бути зумовлені глобальним потеплінням, що особливо помітно в зимовий період останніми роками, та порушеннями природних процесів, що притаманні цьому періоду року. Ранній весняний перехід відбувався на станції Коростень 20 січня 2001 р. та 26 січня у 2015 р. по всім станціям з відхиленням на 45-50 днів відхилення. Ранній осінній перехід відбувався на станціях Коростень, Хмельницький та Шепетівка 22-23 жовтня у 1997, 1999, 2001 та 2003 роках – відхилення складає 20-30 днів. Ранній перехід через  $0^\circ\text{C}$  у весняний період зумовлений надходженням теплого повітря з Атлантики, а у осінній період надходженням холодного повітря з північного сходу.

Зміна атмосферних процесів обумовлює часте чергування теплого і вологого та сухого і холодного повітря, що створює нестійкий характер зими. В середньому кількість днів нижче  $-5^\circ\text{C}$ ,  $-10^\circ\text{C}$  та  $-15^\circ\text{C}$  складає 29, 10 і 3 дні відповідно. Найчастіше ці температури спостерігаються у січні, найменше – нижче  $-5^\circ\text{C}$  та  $-10^\circ\text{C}$  у березні, нижче  $-15^\circ\text{C}$  у листопаді. Найбільша частість припадають на роки з від'ємним  $T_c$ . До таких років відносяться 1995, 1998, 2002, 2005, 2009, 2011 та 2012 р.  $T_c$  в ці роки складає  $-0,1 \dots -3,3^\circ\text{C}$ , а кількість днів нижче  $-5^\circ\text{C}$  становить 40-80 діб. Найменша частість спостерігалась у 2019 році, всього 1 день.

Особливістю зимового сезону в Україні є часті відлиги (максимальна температура повітря перевищує  $0^\circ\text{C}$ ). Найчастіше відлиги бувають у грудні і в середньому складає 12 днів. У січні спостерігається найменша кількість днів із відлигою – 10, у лютому їх повторюваність знову збільшується. Середня температура відлиги становить  $4,2^\circ\text{C}$ . Найбільша температура відлиги –  $9,8^\circ\text{C}$  у 2011 році.

Середнє квадратичне відхилення (СКВ) використовують, як показник мінливості або розсіювання значень метеорологічної величини відносно середнього значення. Завдяки цим показникам та середньодобових зимових

температурам за 29 років можна виділити певну типізацію років за схожими характеристиками та роки з екстремальними значеннями, тобто з сильним відхиленням за даний період. Так найбільші від'ємні відхилення припадає на зиму 1995 р. де  $T_c$  дорівнює  $-3,3^{\circ}\text{C}$ , 2002 р. –  $-2,4^{\circ}\text{C}$  та 2005 р. –  $-1,1^{\circ}\text{C}$ . Саме ці роки спостерігались одні з найсуворіших зим за 29 років. Найбільш додатні відхилення спостерігались у 2006 р. де  $T_c$  становить  $3,2^{\circ}\text{C}$  та 2019 р. –  $4,2^{\circ}\text{C}$ . Ці роки виділяються відсутністю температур нижче  $-15^{\circ}\text{C}$  (для 2019р. нижче  $-10^{\circ}\text{C}$ ) та загалом малою кількістю днів з від'ємними значеннями. Найбільш наближені роки до середньо зимових значень є 1994, 1996, 1999, 2004, 2016 та 2017 роки, в яких значення відхилення не перевищує  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

### **Висновки.**

Таким чином, в роботі розраховано характеристики сучасного температурного режиму на станціях Житомирської та Хмельницької областей за період 1991-2020 рр. Середнє значення температур за весь період становить  $0,8^{\circ}\text{C}$ , а на протязі всього спостереження відмічається їх підвищення. Мінливість дат сталого переходу через  $5^{\circ}\text{C}$  та  $0^{\circ}\text{C}$  в середньому починається в кінці листопада та закінчується на початку березня. А уявлення про частість та дати першого прояву температур нижче  $-5$ ,  $-10$ ,  $-15^{\circ}\text{C}$  дають змогу оцінити ступінь екстремальності температурного режиму кожної зими.

### **Перелік використаних джерел:**

1. Т.М. Заболоцька, О.А. Скриник. Прогнозування дат стійкого переходу середньої добової температури повітря через зазначені межю *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2009. Вип. 258 С. 84-105.
2. В.М.Бабіченко, Н.В.Ніколаєва, С.Ф. Рудішина, Л.М.Гущина. Настання весняного сезону в Україні (перехід середньої добової температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  ) в умовах сучасного клімату. *Український географічний журнал*. 2009. № 1. С. 25-35.
3. Л. В. Паламарчук, С. В. Краковська. Регіональні зміни клімату України: Методичні вказівки до навчального курсу для студентів географічного факультету спеціальності «Метеорологія та кліматологія»: Прінт-Сервіс. 2018. – 90 с.
4. В.І.Осадчий, В.М.Бабіченко. Температура повітря на території України і сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал* – 2013. № 4. С. 32-39.
5. В. Ф. Мартазінова, С. В. Савчук, В. В. Остапчук. Повторюваність середньої добової температури повітря в останні десятиріччя на прикладі ОГМС Київ. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2016. Вип. 269. С. 3-10.
6. В.О. Балабух, Л.В. Малицька. Оцінювання сучасних змін термічного режиму України. *Геоінформатика*. 2017. № 4. С. 34-49.

Тарраф Сулейман Таммамович  
Освітня програма «Метеорологія» ОР Бакалавр  
Науковий керівник: канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Олійник Ростислав Васильович  
Рецензент: канд. геог. наук, доцент  
Затула Василь Іванович

## ДИНАМІКА СУМ АКТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

**Актуальність теми дослідження.** Оцінка агрокліматичних ресурсів території є одним із основних завдань агрокліматології. У теперішній час його вирішення набуває особливої значущості, що пов'язано як зі зміною загального агрокліматичного потенціалу території України в умовах зміни клімату, так і зі зміною ознак об'єктів сільськогосподарського виробництва (залучення нових сортів, зміна структури і обсягів посівних площ, застосування новітніх агрофітотехнологій тощо). В останні десятиріччя агрометеорологічні умови у період вегетації сільськогосподарських культур в Україні характеризуються значною мінливістю, що зумовлює суттєві втрати врожайності і валового збору продукції рослинництва. У зв'язку з цим, існує необхідність впровадження адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Це потребує врахування особливостей просторових і часових змін всіх складових агрокліматичних ресурсів вегетаційного періоду. Тепло є одним з основних чинників росту, розвитку і формування урожаю сільськогосподарських культур, а оцінка теплових ресурсів території належить до першочергових завдань агрометеорологічного обґрунтування діяльності галузей сільськогосподарського виробництва. У сучасних умовах зміни клімату визначення потенціалу теплових ресурсів має важливе наукове і прикладне значення.

**Метою** дослідження є визначення закономірностей динаміки сум активних температур повітря на території України.

### **Завдання роботи:**

- дослідити закономірності накопичення теплових ресурсів впродовж періоду активної вегетації у різних фізико-географічних зонах України;
- надати оцінку щодакного приросту сум активних температур повітря у фізико-географічних зонах України;
- визначити закономірності багаторічних змін щодакного приросту сум активних температур повітря у фізико-географічних зонах України.

**Об'єкт** дослідження: суми активних температур повітря.

**Предмет** дослідження: закономірності щодакного приросту сум активних температур повітря на території України.

**Матеріали і методи дослідження.** У якості вихідної інформації використано дані 10 агрометеорологічних станцій, розташованих у різних

фізико-географічних зонах України, за період 1961-2014 рр. по щодадних сумах активних температур повітря і датах переходу температури повітря через 10°C навесні і восени. Застосовано статистичні методи обробки даних, реалізовані в пакеті MS Office Excel.

### **Виклад основного матеріалу**

*У першому розділі* представлено основні показники теплових ресурсів території у період вегетації сільськогосподарських культур. Проаналізовані наукові публікації та роботи Шульгіна, Селянінова та інших, розглянуто агрокліматичне оцінювання теплових ресурсів території України та тенденції їх багаторічної зміни в умовах сучасного клімату. Дослідженні закономірності формування, просторового розподілу і динаміки ресурсів теплозабезпеченості території України за показниками дат переходу температури повітря через різні межі, тривалості теплового, вегетаційного та періоду активної вегетації, а також сум активних температур повітря.

*У другому розділі* розглянуто закономірності накопичення сум активних температур повітря у фізико-географічних зонах України. В Україні період активної вегетації найчастіше починається наприкінці другої та в третій декадах квітня; найраніше у Степу, найпізніше в Українському Поліссі та Західному Лісостепу. Найбільшими є суми активних температур у всі декади вегетаційного періоду в степовій зоні, найменшими – в Українському Поліссі. Умови теплозабезпеченості у межах Лісостепу, згідно з [6, 14] є досить неоднорідними – східна та центральна частина зони краще забезпечені теплом, ніж західна. У Поліссі сума активних температур повітря на першу декаду травня (на початок періоду активної вегетації) складає 210 °С; на третю декаду травня - 523 °С; на третю декаду червня - 1044 °С; на третю декаду липня - 1623 °С; на третю декаду серпня – 2173 °С і на другу декаду вересня (на час закінчення періоду активної вегетації) - 2747 °С. У Лісостепу, в середньому, характер накопичення сум активних температур наступний: перша декада травня – 306 °С; третя декада травня - 657°С; третя декада червня – 1239°С; третя декада липня - 1873°С; третя декада серпня - 2494°С і третя декада вересня - 2925°С. У Степу вже на третю декаду квітня сума активних температур повітря складає 187 °С; на третю декаду травня – 676 °С; на третю декаду червня - 1282 °С; на третю декаду липня - 1969 °С; на третю декаду серпня – 2633 °С; на третю декаду вересня - 3125 °С і на першу декаду жовтня (на час закінчення періоду активної вегетації) - 3252 °С.

*У третьому розділі* було визначено оцінку щодаднього приросту сум активних температур повітря у фізико-географічних зонах України. Досліджено інтенсивність накопичення сум активних температур повітря за даними 10 гідрометеорологічних станцій, розташованих у різних фізико-географічних зонах (у східній, центральній та західній частинах зон). Кількісним показником інтенсивності накопичення тепла є щодадній приріст сум активних температур, який розраховується як різниця між сумами активних температур за кожну наступну та передуючу їй декади. З метою визначення тенденцій багаторічних змін інтенсивності накопичення тепла аналіз проведено для трьох багаторічних періодів: 1961- 2014 рр.; 1961-1990 рр. та 1991-2014 рр.

За період 1961-2014 рр. розподіл щодакданого приросту сум активних температур повітря в зоні Українського Полісся (станції Чернігів, Житомир, Луцьк) є досить однорідним: на третю декаду травня приріст сум температур коливається в межах 165-170°C, на третю декаду червня досягає 180°C, на третю декаду липня - 210°C, на третю декаду серпня -180°C; на третю декаду вересня зменшується до 90-100°C. Найбільший приріст відбувається у найтепліші місяці – липень та серпень. Незважаючи на те, що зона Полісся характеризується помірним теплозабезпеченням, в окремі роки приріст сум активних температур може відбуватися ранньою весною – від другої до третьої декад березня (Чернігів, 1975 р.), а також продовжуватися до пізньої осені – від третьої декади жовтня до першої декади листопада (Житомир, 1967 р.).

У зоні Лісостепу середні за період 1961-2014 рр. значення щодакданого приросту сум активних температур змінюються по території досить суттєво: найбільший він у центральних та східних районах, а найменший – у західних. Найраніше накопичення сум активних температур починається в Центральному Лісостепу - між другою і третьою декадами квітня (ГМС Кобеляки, 100°C), на решті території – між третьою декадою квітня і першою декадою травня. Щодакданий приріст у межах Лісостепу становить на третю декаду травня 190°C на сході та в центрі і зменшується до 170°C на заході; на третю декаду червня відповідно зменшується по території - від 200°C до 180°C; на третю декаду липня - від 240°C до 210°C; на третю декаду серпня – від 200°C до 180°C; на третю декаду вересня – від 120°C до 110°C. Максимум приросту сум активних температур спостерігається у липні. Найраніше накопичення сум активних температур спостерігається від другої до третьої декад березня (Кобеляки, 1975 р., Новомиргород, 1983 р.), а найпізніше – від третьої декади жовтня до першої декади листопада (Новомиргород, 1967 р.).

У зоні Степу тривалість періоду накопичення сум активних температур та величина їх щодакданого приросту збільшується з північного сходу, де період починається у першій декаді травня і завершується у третій декаді вересня, на схід і південь, де він триває з третьої декади квітня до першої і другої декад жовтня. За період 1961-2014 рр. середній щодакданий приріст сум активних температур складає: третя декада квітня близько 110°C; третя декада травня 180-200°C; третя декада червня 200-210°C; третя декада липня 230-250°C; третя декада серпня 210-220°C; третя декада вересня 120-150°C; перша декада жовтня 80-100°C. Найбільший приріст щодакданий сум температур спостерігається у липні. Найраніше період накопичення активних температур відбувається від другої до третьої декад березня (Кирилівка, 1975 р., 1983 р.; Первомайськ 1975 р.; Сарата, 1975 р., 1989 р.). Найпізніше він закінчується у третій декаді листопада (Сарата, 2010 р.).



Для визначення зміни в часі характеру накопичення теплових ресурсів у фізико-географічних зонах України проведено порівняльний аналіз термінів початку і завершення періоду накопичення та величин щодакного приросту сум активних температур повітря за 1961-1990 рр. та 1991-2014 рр.

В Українському Поліссі у порівнянні за вказані багаторічні періоди терміни початку та завершення активної вегетації (за обліком декад) не змінилися (від першої декади травня до третьої декади вересня). Однак щодакний приріст сум активних температур характеризується певними змінами, зокрема на третю декаду травня у 1961-1990 рр. він становив 110-120°C, а середній за 1991-2014 рр. зріс до 120-130°C; на третю декаду червня середні значення приростів не змінилися – близько 180°C; на третю декаду липня відповідно приріст збільшився з 200-210°C до 220°C; на третю декаду серпня збільшився зі 180°C до 190°C; на третю декаду вересня майже не змінився – 90-100°C. Таким чином, значення щодакних приростів сум активних температур повітря у 1991-2014 рр., порівняно зі стандартним кліматологічним періодом (1961-1990 рр.), збільшилися в середньому на 10-20°C. Найсуттєвіше збільшився приріст сум активних температур повітря у третій декаді липня.

У Центральному Лісостепу у 1991-2014 рр. період накопичення сум активних температур починається на одну декаду раніше (третья декада квітня), порівняно з 1961-1990 рр. На решті території лісостепової зони тривалість цього періоду не змінилась, приріст активних температур відбувається від першої декади травня до третьої декади вересня. За порівняльним аналізом величин щодакного приросту сум активних температур виявлено такі зміни. У Центральному Лісостепу у третій декаді квітня середній багаторічний приріст за період 1961-1990 рр. становить 95°C, а в період 1991-2014 – близько 105°C. У третій декаді травня за стандартний кліматологічний період – 180-190°C на сході та 160°C в центрі за 1991-2014 рр. відповідно 190-200°C і 170°C. У третій декаді червня щодакні прирости сум температур майже не змінилися за порівнювані періоди і становлять – 190-200°C на сході та в центрі, 180°C на заході. У третій декаді липня середній приріст за стандартний кліматологічний період становить 210-230°C на сході та в центрі та 200°C на заході, і збільшився за період 1991-2014 рр. до 220-250°C. У третій декаді серпня середній приріст змінився неістотно і становить 190-200°C на сході та в центрі і 180°C на заході (кліматологічний період) та відповідно 200-210°C і 190°C (1991-2014 рр.). У третій декаді вересня зміни приросту сум температур теж невеликі 110-120°C (за 1961-1990 рр.) 110-130°C (1991-2014 рр.). В цілому, за порівнянням приростів сум активних температур за два багаторічні періоди, можна зробити висновок, що в лісостеповій зоні, як і в Поліссі, протягом 1991-2014 рр. найбільше зросла інтенсивність накопичення тепла у третій декаді липня.

В зоні Степу найбільша різниця між 1961-1990 рр. та 1991-2014 рр. у прирості сум активних температур спостерігається у третій декаді липня (20°C). Ця закономірність характерна і для зон Полісся та Лісостепу.

## **Висновки.**

- В Україні період активної вегетації починається наприкінці другої декади та у третій декаді квітня (найраніше у Степу, найпізніше в Українському Поліссі та Західному Лісостепу). Дати закінчення періоду активної вегетації в Поліссі та Лісостепу фіксуються напочатку першої декади жовтня, у Північному Степу – напочатку другої декади жовтня, в Південному Степу – на початку третьої декади жовтня.
- За останні десятиріччя (1991-2014рр). збільшилась тривалість періоду активної вегетації у Центральному Лісостепу (починається у квітні на одну декаду раніше) і степовій зоні (закінчується у жовтні на одну декаду пізніше).
- Темпи накопичення сум активних температур повітря у всі декади вегетаційного періоду є найбільшими в степовій зоні, найменшими – в Українському Поліссі.
- У всіх фізико-географічних зонах значення щодаєкадних приростів сум активних температур повітря у 1991-2014 рр., порівняно зі стандартним кліматологічним періодом 1961-1990 рр., збільшились в середньому на 10-20°C. Найбільшим є приріст сум активних температур повітря на всій території України у третій декаді липня.

## **Список використаних джерел:**

1. Будыко М.И. Климат и жизнь / М.И. Будыко – Л.: Гидрометеиздат, 1971. 472с.
2. Грингоф И.Г. Агрометеорология / И. Г. Грингоф, В. В. Попова, В. Н. Страшный ; отв. ред. Ю. И. Чирков. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 309 с.
3. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений/ [Под ред. Ю.И. Чиркова]. – Л. Гидрометеиздат, 1974. – 152 с.
4. Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату / [за ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко]. – К. : Ніка- Центр, 2010. – 304 с.
5. Кельчевская Л.С. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии / Л.С. Кельчевская. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 216 с.
6. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
7. Кобышева Н.В. Климатологическая обработка метеорологической информации / Н.В. Кобышева, Г.Я. Наровлянский. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 296с.
8. Колосков П.И. Климатический фактор селськогосподарства и агроклиматическое районирование / П.И. Колосков. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. □ 327 с.

9. Лебедева В.М. Основы сельскохозяйственной метеорологии / В.М. Лебедева, А.И. Страшная. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 216 с.
10. Лосев А.П. Агрометеорология / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – М.: Колос, 2001. – 297 с.
11. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование Украины / Г.В. Ляшенко // Науч. труды УкрНДГМИ. – 2008. – Вып. 3. – с. 98-108.
12. Ляшенко Г.В. Практикум з агрокліматології. Навчальний посібник / Г.В. Ляшенко. – Одеса: ТЕС, 2014. – 150 с.
13. Мищенко З.А. Агроклиматология. Учебник / З.А. Мищенко. – К.: КНТ, 2009. 512 с.
14. Писаренко Л.А. Особливості просторового розподілу ресурсів теплозабезпеченості території України у період активної вегетації сільськогосподарських культур / Л.А. Писаренко, А.В. Круківська // Часопис картографії. – 2017. – Вип. 18. – С. 69-81.
15. Польовий А.М. Зміна показників термічного режиму повітря в Україні на період до 2030 р / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко, О. О. Дронова, Г. О. Боровська // Український гідрометеорологічний журнал. □ 2014. № 14. С. 95-104.
16. Руднев Г.В. Агрометеорология / Г.В. Руднев. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 344с.
17. Сеницына Н.И. Агроклиматология / Н.И. Сеницына, И.А. Гольцберг, З.А. Струнников. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. 342с.
18. Сніжко С.І. Задача визначення дати стійкого переходу приземної температури повітря через певне фіксоване значення (аналіз методів) / С.І. Сніжко, О.А. Скриник // Український гідрометеорологічний журнал. – 2008. □ №3. – С. 56-67.
19. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д.И. Шашко. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247с.
20. Шульгин О.М. Агрометеорология и агроклиматология: учеб. пособие для студ. вузов / О.М. Шульгин. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. –200 с.
21. Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Longterm analysis of heat waves in Ukraine // International Journal of Climatology. 2014. Vol. 34(5). P. 1642-1650.