

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Факультет гідрометеорології і екології
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

**СИЛЬНІ ТА НЕБЕЗПЕЧНІ ОПАДИ
У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ
HEAVY AND EXTREME PRECIPITATION
IN THE VOLYN REGION**

Виконала здобувачка денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітньо-професійна програма Метеорологія і кліматологія

Гус Яна Павлівна

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник к. геогр. н., доц. Семергей-Чумаченко А. Б.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к. геогр. н., доц. Вольвач О. В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
метеорології та кліматології
№ ____ від _____. _____. 2025 р.

Завідувач кафедри

(підпис) ПРОКОФ'ЄВ Олег
(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 3
протокол № ____ від _____. _____. 2025 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)
Голова ЕК

(підпис) ТАРНАВСЬКА Олена
(прізвище, ім'я)

Одеса 2025

АНОТАЦІЯ

Тема: «Сильні та небезпечні опади у Волинській області»

Автор: Гус Яна Павлівна

Актуальність визначення режиму, динаміки та умов формування сильних опадів зумовлена їх істотним впливом на соціально-економічне життя регіону, зокрема на рівень продуктивності сільського господарства та функціонування транспортної інфраструктури.

Метою дослідження є встановлення поточного режиму сильних опадів на метеорологічних станціях Волинської області за період 1979–2024 рр. на основі стандартних метеорологічних спостережень, а також виявлення закономірностей динаміки формування та причин утворення їх екстремальних значень.

Відповідно до поставленої мети були розв'язані наступні **задачі**:

- визначені показники сучасного режиму опадів на станціях Луцьк, Володимир, Ковель, Любешів, Маневичі та Світязь;
- встановлена міжрічна динаміка сильних опадів регіону у 1979-2024 рр.
- оцінені регіональні відмінності екстремальних індексів для Волинської області;
- встановлені циркуляційні умови формування сильних та надзвичайних опадів у Волинській області з 1979 по 2024 рр.

Об'єкт дослідження – опади на метеорологічній станціях Волинської області.

Предмет дослідження – кількість днів з опадами та суми опадів на станціях Волинської області.

Методи дослідження – просторово-тимчасове узагальнення даних; статистичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів

В даній роботі *вперше* для станцій Волинської області:

- встановлені повторюваність та річний хід утворення сильних опадів у регіоні дослідження у 1979-2024 рр.;
- розраховані кліматичні індекси екстремальних опадів;
- виявлені сучасні синоптичні та термодинамічні умови формування сильних та надзвичайних опадів.

Практичне значення отриманих результатів – відомості про динаміку сильних опадів Волинської області за 1979-2024 рр. будуть залучені для оновлення кліматичних описів та метеорологічного обслуговування регіону.

Кваліфікаційна робота магістра в обсязі 65 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 32 джерел, містить 19 рисунків та 8 таблиць.

Ключові слова: сильні опади, Волинська область, динаміка опадів, процентіль, улоговина, холодний фронт, нестійкість.

SUMMARY

Thesis Topic: «Heavy and extreme precipitation in the Volyn region»

Author: Hus Yana

The relevance of identifying the regime, dynamics, and formation conditions of heavy precipitation is driven by their substantial impact on the socio-economic life of the region, particularly on agricultural productivity and the functioning of transport infrastructure.

The aim of the study is to establish the current regime of heavy precipitation at meteorological stations of the Volyn region for 1979–2024 based on standard meteorological observations and to identify the patterns of the dynamics of formation and the causes of the formation of their extreme values.

In accordance with the set aim, the following **tasks** were solved:

- the indicators of the current precipitation regime at the stations of Lutsk, Volodymyr, Kovel, Lyubeshiv, Manevichi and Svityaz were determined;
- the interannual dynamics of heavy precipitation in the region in 1979-2024 were established;
- regional differences in extreme indices for the Volyn region were estimated;
- the circulation conditions for the formation of heavy and extreme precipitation in the Volyn region from 1979 to 2024 were established.

The object of the study is precipitation at the meteorological stations of Volyn region.

The subject of research – the number of days with precipitation and the amount of precipitation at the meteorological stations of Volyn region.

Research methods:

- Spatiotemporal generalization of meteorological data;
- Statistical analysis.

Scientific novelty of results obtained.

In this work for the first time for Volyn region:

- established the recurrence and annual course of heavy precipitation formation in the study region in 1979-2024;
- calculated climatic indices of extreme precipitation;
- identified modern synoptic and thermodynamic conditions for the formation of heavy and extreme precipitation.

The practical significance of the obtained results - information on the dynamics of heavy precipitation in the Volyn region for 1979-2024 will be used to update climate descriptions and meteorological services for the region.

The 65-page master's thesis consists of 3 sections, conclusions, a list of references from 32 sources, contains 19 figures and 8 tables.

Keywords: heavy precipitation, Volyn region, precipitation dynamics, percentile, depression, cold front, instability.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Фізико-географічна та кліматична характеристика Волинської області.....	7
1.1 Опис Волинської області.....	7
1.2 Розташування метеорологічних станції Волині.....	12
1.3 Аналіз зміни режиму температури та опадів на метеостанціях Волинської області з 1979 по 2024 рр. за даними реаналізу ERA5.....	15
2 Характеристика режиму сильних опадів у Волинській області з 1979 по 2024 рр.....	21
2.1 Динаміка суми опадів у Волинській області.....	21
2.2 Аналіз показників посилення опадів у Волинській області.....	29
2.3 Просторово-часова мінливість опадів за процентильними критеріями...	36
3 Циркуляційні та термодинамічні умови посилення опадів у Волинській області.....	44
3.1 Аналіз синоптичних умов утворення сильних опадів на Волині.....	44
3.2 Причини виникнення надзвичайних опадів у Луцьку 30 липня 2013 р...	53
Висновки.....	59
Список використаної літератури.....	61
Додаток А.....	65

ВСТУП

Опади є невід'ємною складовою водного циклу Землі. Це вода в рідкому чи твердому стані, що випадає з хмар або накопичується на земній поверхні чи предметах у вигляді роси або інію [12]. Вони забезпечують поповнення водних ресурсів і ґрунтової вологи, формуючи разом із процесами випаровування та конденсації основу гідрологічного циклу.

До основних характеристик опадів належать середньомісячні, сезонні та середньорічні обсяги, їхні багаторічні величини, просторовий розподіл, частота випадання, добові й річні коливання та інтенсивність. Ці параметри мають суттєве значення для численних сфер господарської діяльності – від сільського господарства до транспорту, будівництва, енергетики та комунальних служб. Наприклад, аграрний сектор значною мірою залежить від погодних умов, а сильні дощі можуть спричинити підтоплення або затоплення полів, завдаючи збитків [1, 2, 10, 13]. В енергетиці висока вологість інколи призводить до утворення льоду на лініях електропередач, що викликає додаткові втрати. Для комунальних служб прогнози опадів важливі через їхній вплив на стан покрівель і роботу міських дренажних систем.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є дослідження сучасного режиму сильних опадів на метеорологічних станціях Волинської області на основі даних спостережень за 1979–2024 рр., що включає аналіз багаторічних змін кількості та інтенсивності опадів, виявлення тенденцій формування екстремальних їхніх значень, а також визначення синоптичних умов, які сприяють виникненню сильних опадів. Такий підхід дозволяє охарактеризувати особливості сучасного кліматичного режиму регіону, оцінити його мінливість та встановити фактори, що впливають на появу небезпечних погодних явищ.

Об'єкт дослідження: опади на метеорологічних станціях Волинської області (Луцьк, Володимир, Ковель, Любешів, Маневичі, Світязь).

Предмет дослідження – кількість днів з опадами та суми опадів на метеорологічних станціях Волинської області.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення даних, статистичний аналіз.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, трьох розділів, додатку, висновків та переліку посилань.

У вступі визначаються мета та завдання роботи.

Перший розділ складається із узагальнення відомостей щодо регіону дослідження та характеристики проявів глобального потепління у режимі температури повітря та опадів Волині.

Другий розділ присвячений визначенню динаміки річної суми опадів та показників режиму сильних опадів на метеорологічних станціях Волинської області у 1979-2024 рр., встановленню екстремальних індексів сильних опадів.

У третьому розділі виявлені циркуляційні умови виникнення сильних опадів на Волині у період з 1979 по 2024 рр. та причини утворення надзвичайного дощу у Луцьку 30 липня 2013 р.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 32 літературних джерел.

Попередні результати дослідження були апробовані на щорічній науковій конференції студентів ОНУ імені І.І. Мечникова [6].

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології під керівництвом канд. геогр. наук, доцента Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках науково-дослідних робіт «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною» (2020-2024 рр.) ДР № 0120U100487 та «Модернізація методів прогнозу небезпечних явищ погоди для різних регіонів України» (2025-2029 рр.) ДР № 0125U000647.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Опис Волинської області

Волинська область розміщена на північному заході України (рис.1.1). На півночі вона межує з Республікою Білорусь, на сході – із Рівненською областю, на півдні – із Львівською, на заході – воєводствами Республіки Польща. Площа області складає 20,1 тис. км². або 3,3% від загальної території України [4, 12].



Рисунок 1.1 – Географічне розташування Волинської області

Фізико-географічне розташування Волинської області обумовлює унікальні природні умови та суттєво впливає на формування ландшафтної структури регіону [4]: «Територія області знаходиться на північному заході України й охоплює Волинське Полісся та частину Західного Лісостепу, що визначає поєднання поліських і лісостепових ознак у природному середовищі. Згідно з фізико-географічним районуванням України, Волинь належить переважно до Поліської фізико-географічної провінції, для якої характерні рівнинний рельєф, відносна одноманітність висот, значне поширення льодовикових і водно-льодовикових форм рельєфу, а також висока заболоченість. Ландшафтам Волинського Полісся властиві крейдові породи, поширені карстові явища, високий рівень ґрунтових вод, щільна річкова

мережа й велика кількість озер, надмірне зволоження, розлогі заболочені ділянки та чітко виражена система долинних ландшафтів[12].

За природними умовами область поділяють на три зони: північнополіську, південнополіську і лісостепову (рис. 1.2). На території області чітко виділяють два основні типи ландшафтів — поліський і лісостеповий. Для поліських ландшафтних районів характерні висока лісистість, значна заболоченість, переважання малородючих ґрунтів та наявність великої кількості заплавних і карстових озер. Лісостепові райони відрізняються долинно-грядовим рельєфом, ускладненим яружно-балочними та карстовими формами, а також ґрунтовим покривом, який поєднує сірі опідзолені ґрунти з малогумусними чорноземами».



Рисунок 1.2 – Карта природних зон України

Рельєф Волинської області переважно рівнинний [11]: «середня висота поверхні становить близько 195 м н. р. м., що трохи вище середнього рівня рівнинних територій України. Найвища точка області досягає 292 м над рівнем моря і розташована на півдні, поблизу с. Бужани Горохівського району, тоді як найнижча знаходиться в долині р. Прип'ять біля устя р. Стохід і сягає 139 м над рівнем моря. Відносна різниця висот між південним і північним краєм області становить близько 150 м, а відстань між цими

крайніми точками по прямій дорівнює 180 км. Це дає середній нахил поверхні приблизно 0,8 м на 1 км, проте насправді місцеві похили значно менші. Особливо полого поверхня спостерігається в її поліській частині, де максимальні відносні висоти не перевищують 60 м, а здебільшого не досягають 30 м. Тільки в південній, лісостеповій частині області відносні висоти становлять 100 м, що створює порівняно значні похили поверхні, особливо між ріками та їх місцевими вододілами. Від величини похилів поверхні залежить швидкість стікання дощових вод, швидкість течії води в річках, а чим більша швидкість течії, тим більша ерозійна (розмиваюча) здатність водних потоків.

Хоча рельєф Волинської області переважно рівнинний, через її територію проходить частина Головного Європейського вододілу, який розділяє басейни річок, що впадають у Чорне та Балтійське моря — зокрема Прип'яті та Західного Бугу.

Вододіл входить на територію області з Львівщини між селами Шпиколоси та Дружкопіль (рис. 1.3) і простягається звивистою лінією через села Печихвости, Рачин, Садів до висоти 286 м, після чого повертає на північний захід через Бійницю, Овадне, Мосир, Олеськ, а далі — до Любомля, Полап, Забужжя, Шацька та Мельників. Вододіл характеризується плоским і невиразним рельєфом, місцями проходить через заболочені ділянки, що свідчить про його відносно молоде формування після відступу дніпровського зледеніння».

Волинська область розташована в помірних широтах [15], що зумовлює домінування західного переносу повітряних мас упродовж року та формування гумідного клімату з відносно м'якими зимами й вологими літами. У теплий сезон температурний режим переважно визначається рівнем і сезонною мінливістю сонячної радіації, тоді як у холодний період провідне значення мають циркуляційні процеси в атмосфері. Невеликі просторові відмінності температури в межах області пов'язані з переважно рівнинним характером рельєфу та розвиненою мережею водойм, які сприяють згладжуванню

температурних контрастів. Найнижчі середньомісячні температури припадають на січень і становлять від $-4,2^{\circ}\text{C}$ (Маневичі) до $-3,6^{\circ}\text{C}$ (Світязь, Володимир). Абсолютні максимуми температур були зареєстровані в серпні 1992 р. у Любешові ($36,9^{\circ}\text{C}$) та в серпні 1998 р. у Ковелі ($36,5^{\circ}\text{C}$).



Рисунок 1.3 - Гіпсометрична схема Волинської області [11]

Клімат Волинської області вирізняється чітко вираженим континентальним характером зволоження, при якому близько 70 % річної суми опадів формується у теплий період року. Середньорічна кількість опадів становить у середньому близько 601 мм і з кінця 1980-х років демонструє тенденцію до зростання. Найбільші річні суми фіксуються у Маневичах (приблизно 660 мм) та Володимирі (близько 600 мм), тоді як мінімальні значення характерні для Луцька (552 мм) і Шацького поозер'я (Світязь — 561,5 мм). На інших метеорологічних пунктах області річні показники, як правило, коливаються в інтервалі 593–598 мм.

Найвищі місячні суми опадів спостерігаються у липні, коли середня норма перевищує 100 мм. Для центральної частини Волинського Полісся типовим є зменшення кількості опадів у червні та від'ємні аномалії в жовтні, тоді як основний максимум зміщується на липень–серпень [15, 16]. У південній частині Полісся літнє збільшення опадів має більш рівномірний характер, а в жовтні частіше реєструються додатні відхилення від норми. Загалом річні суми опадів у межах області становлять 550–600 мм, причому найбільш зволоженим періодом є червень–серпень (80–90 мм на місяць), а найменш зволоженим — січень (24–32 мм). Отже, річний розподіл опадів є нерівномірним: близько 70 % припадає на теплу пору року і близько 30 % — на холодну.

Річні суми опадів на території Волинської області характеризуються значною мінливістю. Так, у 2012 р. в Луцьку було зафіксовано 812,6 мм опадів за середньобагаторічної норми 579 мм, при цьому лише в серпні випало 125,3 мм за норми 59 мм. Найменша річна кількість опадів спостерігалася у 1982 р. і становила 378,7 мм. Абсолютний максимум добових опадів досягав 122 мм у липні 2013 р. У теплий період року в середньому реєструється 60–65 днів з опадами понад 1 мм, з яких 25–28 днів припадає на інтенсивніші опади понад 5 мм. Загалом протягом року в області відзначається близько 160–180 днів з опадами. У зимовий сезон опади спостерігаються частіше, однак мають меншу інтенсивність, тоді як улітку вони нерідко набувають зливового характеру та супроводжуються грозовими явищами. У структурі річного балансу домінують рідкі опади (близько 81 %), тоді як частка твердих становить приблизно 10 %, а змішаних — близько 9 %.

Особливості атмосферної циркуляції зумовлюють переважаючі напрями вітру: у зимовий період домінують західні та південно-західні вітри [11], у літній — західні та північно-західні. Середня річна швидкість вітру становить 3,8–4,0 м/с і визначається поєднанням рельєфних умов, величини горизонтальних градієнтів атмосферного тиску та особливостей загального циркуляційного режиму.

1.2 Розташування метеорологічних станції Волині

На території області функціонує шість метеорологічних станцій державної мережі спостережень: метеорологічна станція Луцьк, Володимир, Ковель, Любешів, Маневичі та Світязь (рис. 1.4). Зазначені станції [5] забезпечують комплексний моніторинг атмосферних процесів, здійснюючи регулярні вимірювання основних метеорологічних параметрів, зокрема температури повітря, атмосферного тиску, швидкості та напрямку вітру, кількості опадів, вологості, сонячної радіації та інших характеристик, необхідних для аналізу кліматичних умов регіону.



Рисунок 1.4 - Метеорологічні станції Волинської області

Метеорологічна станція Луцьк виконує функцію головної базової станції спостережень за погодою та кліматом у Волинській області. Вона розташована в с. Підгайці, приблизно за 6 км від м. Луцьк, на абсолютній висоті близько 195 м над рівнем моря, у межах слабохвилястої рівнинної території,

характерної для Волинської височини. Положення станції поза межами річкових долин і великих лісових масивів забезпечує формування відносно однорідних температурних і опадових умов. Середньорічна температура повітря тут коливається в межах 7,4–8,5 °С, а річна сума опадів становить 560–579 мм, що є найменшим значенням серед метеостанцій регіону. Середня відносна вологість повітря дорівнює 78–79 %, середня швидкість вітру 3–4 м/с із переважанням західних напрямків [9]. Вплив річки Стир проявляється насамперед у підвищеній повторюваності туманів і зростанні вологості повітря в холодний період року.

Метеорологічна станція Володимир розташована в південно-західній частині Волинської області, у зоні переходу від Волинської височини до поліських рівнин, на абсолютній висоті близько 193 м над рівнем моря. Територія характеризується відкритим, слабохвилястим рельєфом і меншою залісненістю порівняно з північними районами області, що зумовлює відмінні метеорологічні умови відносно поліських станцій. Для цієї місцевості притаманний помірно континентальний клімат із більш вираженими температурними контрастами та відносно меншими сумами опадів.

Середньорічна температура повітря коливається в межах 7,3–8,5 °С, а річна кількість опадів становить 610–646 мм. Відносна вологість повітря зазвичай перебуває на рівні 78–80 %, середня швидкість вітру 2–4 м/с, із переважанням західних напрямків [9]. Розміщення станції в умовах відкритої місцевості посилює прояви континентальності клімату Володимира порівняно з північними, більш залісненими районами Волині.

Метеорологічна станція Ковель розташована в центральній частині Волинського Полісся на абсолютній висоті близько 173 м над рівнем моря. Територія навколо станції вирізняється значною залісненістю, що зумовлює формування типового поліського мікроклімату з підвищеним зволоженням і відносно м'яким температурним режимом. Лісові масиви виконують функцію природного бар'єра, знижуючи швидкість повітряних потоків і сприяючи накопиченню вологи в приземному шарі атмосфери. Середньорічна

температура повітря становить 7,3–8,6 °С, а річна сума опадів - 593–637 мм. Відносна вологість повітря стабільно висока (78–79 %), тоді як середня швидкість вітру є меншою, ніж у південних районах області, і становить 2–3 м/с [9]. Поліський характер місцевості зумовлює підвищену повторюваність слабких, але тривалих опадів, пов'язаних із проходженням циклонів і атмосферних фронтів.

Метеорологічна станція Любешів розміщена в одному з найбільш заболочених і вологих районів Волинського Полісся - у долині річки Стохід, на абсолютній висоті близько 149 м над рівнем моря. Район характеризується значним поширенням торфовищ, низинних боліт і широких заплав, що формує специфічний мікроклімат із відносно нижчими температурами та високим рівнем зволоження. Висока здатність ландшафту до акумуляції вологи суттєво впливає на всі метеорологічні параметри, що реєструються на станції. Середньорічна температура повітря коливається в межах 7,1–8,4 °С, річна кількість опадів становить 599–649 мм. Відносна вологість сягає 78–80 %, а середня швидкість вітру - 2–3 м/с [9]. Вплив річки Прип'ять і заболочених територій зумовлює високу повторюваність туманів, мряки та атмосферних явищ невеликої інтенсивності, але значної тривалості.

Метеорологічна станція Маневичі розташована у центральній частині Волинського Полісся на абсолютній висоті близько 195 м над рівнем моря. Територія характеризується значними площами соснових лісів, торфовищами та слабодренованими ландшафтами, що зумовлює формування відносно прохолодного й вологого мікроклімату та сприяє частій появі нічних радіаційних туманів. Саме тут реєструються найбільші річні суми опадів у регіоні - 650–723 мм, що пов'язано з тривалим утриманням вологи лісовими масивами та особливостями атмосферної циркуляції. Середньорічна температура повітря коливається в межах 7,0–8,2 °С, відносна вологість становить 78–79 %, а середня швидкість вітру - 2–3 м/с [9]. Лісові масиви зменшують швидкість вітру, сприяють тривалішій хмарності, частішим опадам і повільнішому прогріванню підстильної поверхні.

Метеорологічна станція Світязь розміщена на території Шацького національного природного парку поблизу озера Світязь — найбільшого та одного з найглибших озер України. Абсолютна висота місцевості становить близько 164 м над рівнем моря. Навколишній ландшафт має озерно-лісовий характер із переважанням водних поверхонь, соснових лісів і піщаних ґрунтів, що формує специфічний мікроклімат із чітко вираженим впливом великої водної акваторії. Середньорічна температура повітря становить 7,4–8,6 °С, річна сума опадів — 567–599 мм, що є одним із найменших показників у межах Полісся. Відносна вологість повітря сягає близько 78 %, середня швидкість вітру — 2–3 м/с [9]. Озеро Світязь зумовлює розвиток бризових циркуляцій, підвищену повторюваність туманів та формування локальних термічних контрастів.

1.3 Аналіз зміни режиму температури та опадів на метеостанціях Волинської області з 1979 по 2024 рр. за даними реаналізу ERA5

Оскільки вплив зміни клімату чітко проявляється у зростанні температурного режиму та зміні середньорічної суми опадів, проаналізуємо, як саме ці зміни позначилися на території Волинської області за останні 45 років (рис. 1.5-1.6). Для дослідження використано дані ERA5 – п'ятого покоління атмосферного реаналізу Європейського центру середньострокових прогнозів (ECMWF), який охоплює період 1979-2024 рр. та має просторову роздільну здатність близько 30 км - [24-30].

Температурний ряд метеостанції Луцьк демонструє найінтенсивніший позитивний тренд серед усіх проаналізованих пунктів спостережень. У 1979-1998 рр. домінують від'ємні аномалії, часто зі зниженнями на 8-10°C у зимові місяці, що відображає більш континентальний характер клімату того періоду. Місцями фіксуються різкі короточасні провали температури. У 1999-2009 рр. простежується перехідна фаза: холодні аномалії поступово слабшають, натомість збільшується частота теплих відхилень. Після 2010 року

позитивні аномалії стають систематичними й досягають 2-4°C у середньому, із піками до 6-7°C окремими місяцями. Така динаміка повністю узгоджується з загальноєвропейським і глобальним потеплінням.

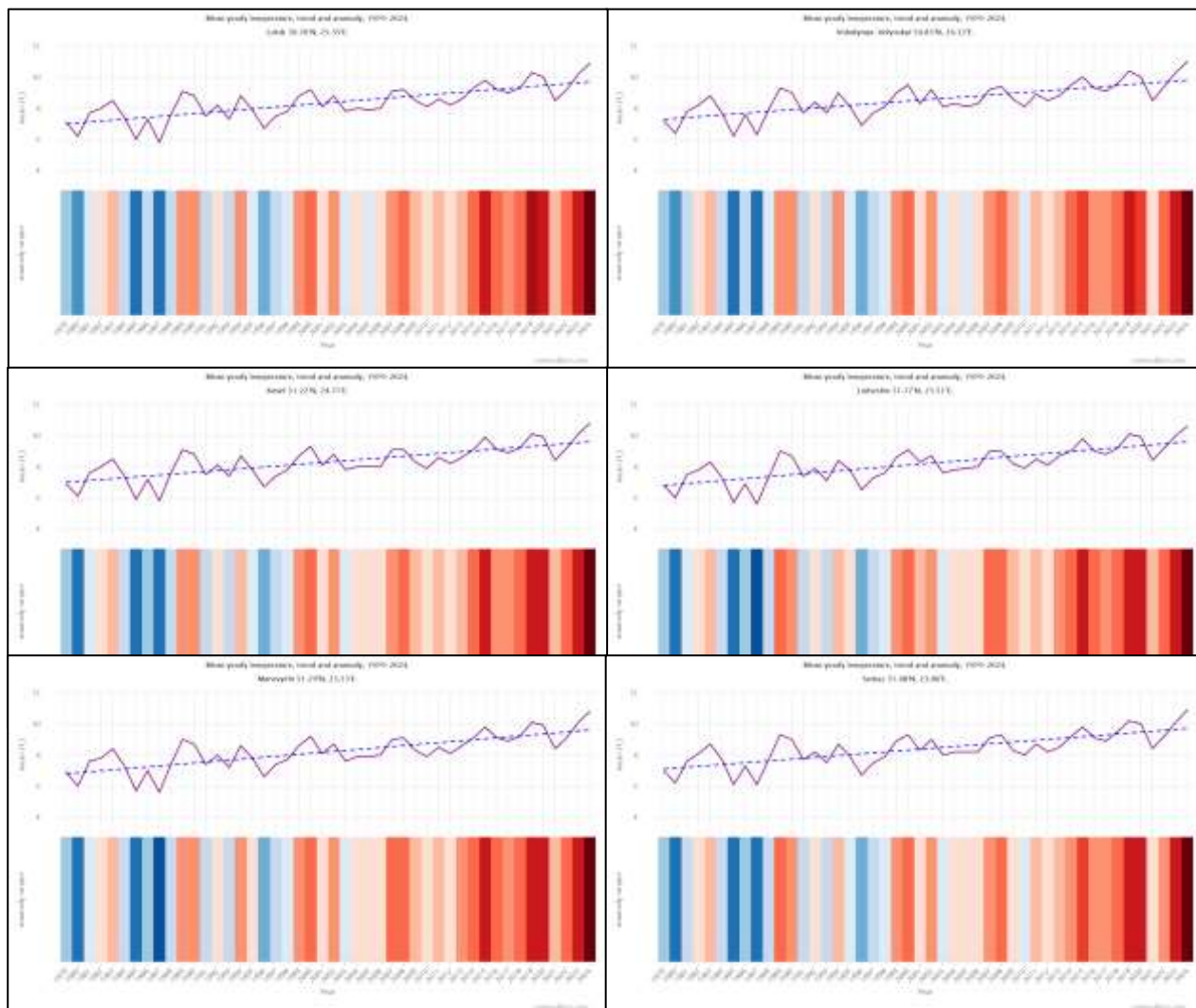


Рисунок 1.5 - Тренд та аномалії середньорічної температури (°C) для станцій Луцьк, Володимир, Ковель, Любешів, Маневичі та Світязь з 1979 по 2024 рр.

Температурні аномалії у Володимирі загалом відтворюють структуру ряду Луцька, проте амплітуда коливань менша. У 1979-1990-х рр. переважають негативні від'ємні зсуви, але рідко опускаються нижче -7°C, що може бути зумовлено локальними особливостями рельєфу чи слабшою континентальністю. Із початку 2000-х формується стабільне збільшення

позитивних аномалій, а після 2010 р. спостерігається зсув температури у бік тепліших умов. Холодні періоди стають коротшими та менш інтенсивними, що свідчить про трансформацію зимового режиму й поступове подовження теплого сезону.

Температурний режим Ковеля вирізняється однією з найбільш рівномірних структур. У 1979-1995 рр. фіксуються значні негативні аномалії (до $-6-10^{\circ}\text{C}$), однак вони чергуються з більш помірними значеннями, що вказує на відносно стабільний радіаційно-циркуляційний режим. У 2000-2020-х роках теплі аномалії посилюються, а після 2014 р. стають практично безперервними. Амплітуда позитивних відхилень зростає до $5-7^{\circ}\text{C}$, що узгоджується з регіонально єдиним трендом потепління.

Любешів, розташований у зоні Волинського Полісся, демонструє найбільшу контрастність температурних аномалій. У 1979-1995 рр. часто фіксуються відхилення $-8-10^{\circ}\text{C}$, а в окремі роки навіть до -12°C , що характерно для територій із високою заболоченістю та значною лісистістю, де формуються локальні радіаційні екстремуми. Після 2000 року збільшується частка місяців із позитивними аномаліями, а з 2013 р. теплі відхилення набувають систематичного характеру. Любешів демонструє один із найстійкіших трендів регіонального потепління, що є важливим індикатором змін кліматичної системи Полісся.

Динаміка температурних аномалій у Маневичах загалом відтворює особливості Любешова, проте амплітуда коливань дещо менша. У 1980-х роках спостерігаються різкі негативні аномалії ($-5...-9^{\circ}\text{C}$), проте після 2000 р. вони істотно слабшають. Із 2013 року ряд майже повністю переходить у позитивну фазу. Після 2015 р. навіть мінімальні відхилення вниз рідко перевищують $-3...-4^{\circ}\text{C}$, що свідчить про суттєве зменшення інтенсивності морозів і зниження частоти холодових вторгнень.

Температурні аномалії Світязя згладжені впливом великих озер. У 1980-1995 рр. від'ємні аномалії глибокі, але проявляються рідше, ніж на більш континентальних станціях. Озерний вплив мінімізує короточасні екстремуми.

Після 2000 р. частка позитивних аномалій зростає, а з 2013 року стійке перевищення норми стає типовим. При цьому амплітуда теплих відхилень нижча, що підтверджує роль водної маси як терморегулятора. Утім, навіть цей терморегулятор не стримує загальний регіональний тренд потепління

Отже на території Волинської області спостерігається зростання температури повітря однаковою інтенсивністю, але у Луцьку незначно сильніше.

Багаторічні ряди річних сум опадів для шести метеорологічних пунктів Волині демонструють схожу структуру міжрічної мінливості (рис. 1.6), характерну для природних коливань.

Графік річної суми опадів на метеорологічній станції Луцьк демонструє високу міжрічну варіабельність із амплітудою коливань близько 300-350 мм. Найвологіші роки зафіксовані на початку 1980-х та у другій половині 1990-х, з піком близько 1000 мм. Сухі роки спостерігаються у 1982, 1994, 2015 та частково 2005-2006 роках. Середній рівень опадів за період становить приблизно 760-780 мм, причому довгострокової тенденції до зростання або зменшення майже не простежується.

Для метеостанції Володимир характерний широкий діапазон коливань – від близько 600 мм у найсухіші роки до понад 900 мм у вологі періоди. Найвищі показники відзначено на початку 1980-х і 1988-х, що відповідає загально-регіональним закономірностям. Середні значення розташовані біля позначки 730-740 мм. Тренд майже нейтральний: коливання стохастичні, але останні роки (після 2010-го) показують збільшення частоти років з опадами, близькими до середнього або трохи вище нього. У 2003 та 2015 роках простежуються виражені негативні аномалії.

Метеорологічна станція Ковель демонструє одні з найстабільніших рядів серед представлених станцій. Коливання в основному перебувають у межах 650–900 мм, рідше виходячи за ці межі. Максимуми спостерігаються у 1980, 1988, 2009-2010 та 2023 роках. У 2015 році зафіксовано один із найнижчих показників (553 мм), що узгоджується з регіональною засухою. Середня

багаторічна величина – близько 730 мм. Візуально тренд наближений до кліматичної норми, без системної зміни.

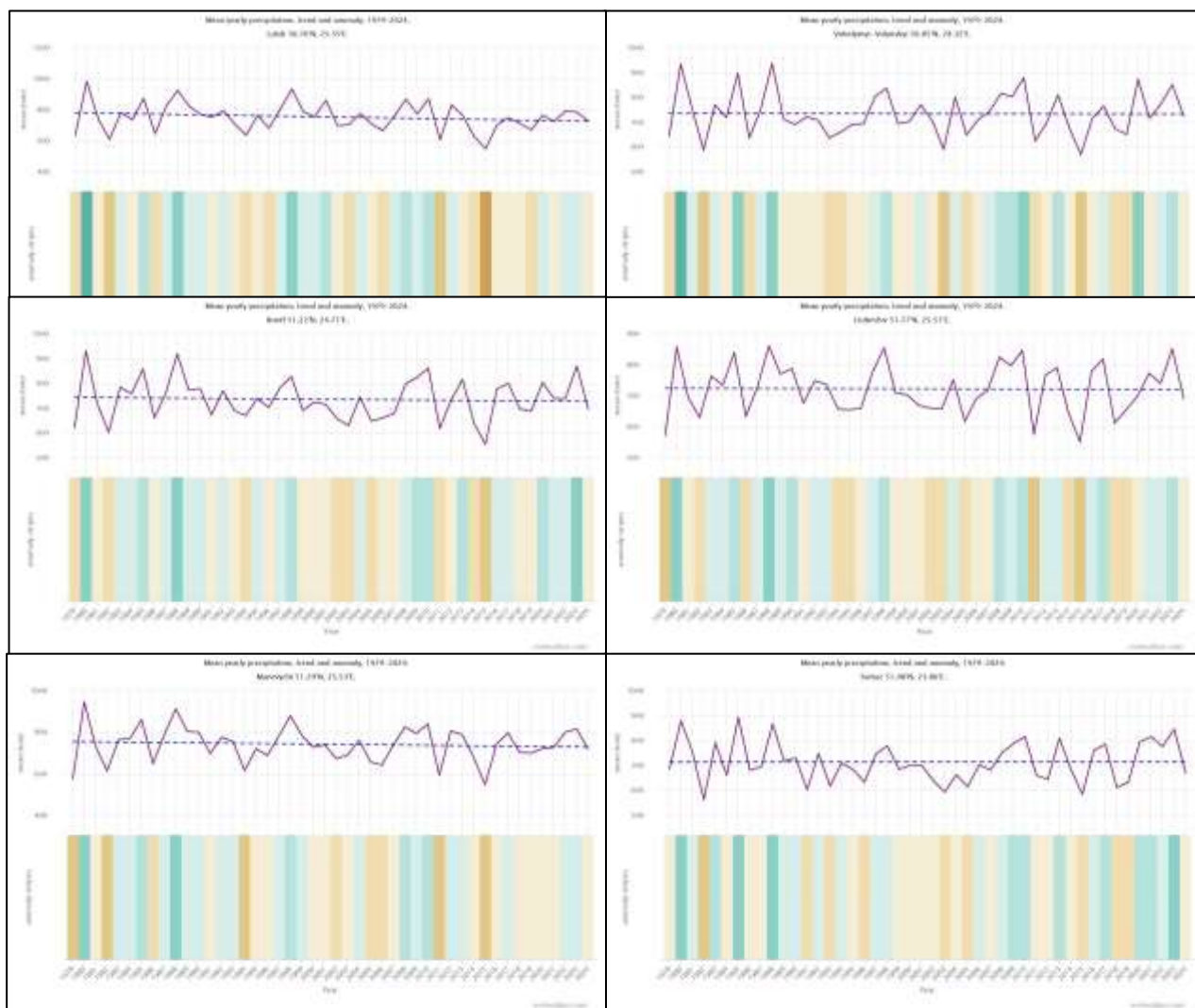


Рисунок 1.6 - Тренд та аномалії середньорічної кількості опадів (мм) для станцій Луцьк, Володимир, Ковель, Любешів, Маневичі та Світязь з 1979 по 2024 рр.

Метеостанція Любешів відзначається значною мінливістю опадів, характерною для поліських районів, де на кількість опадів суттєво впливають циркуляційні умови та близькість до зон заболочення. Амплітуда річних сум становить близько 250-300 мм. Пікові значення спостерігаються у 1980, 1988 та 2008-2010 роках. Низькі значення – у 1979, 1986, 1994-1995, 2011, 2015

роках. Довгостроковий тренд практично відсутній. Багаторічна норма близька до 720-740 мм.

Метеорологічна станція Маневичі мають виражені коливання річних сум у межах 600-900 мм. Найвологіші роки зосереджені у 1980 та 1988, а також спостерігається підвищення у 2008-2010 роках. Натомість 2011 та 2015 роки вирізняються різким спадом, з мінімумом близько 547 мм – одним з найнижчих значень серед усіх станцій. Середня річна сума – близько 740-760 мм. Тренд слабо негативний або нейтральний, різкі короткочасні відхилення домінують над довгостроковими змінами.

Метеостанція Світязь характеризується порівняно нижчими середніми значеннями – близько 710-720 мм. Це може бути пов'язано з локальними особливостями циркуляції та впливом Великих озер Шацького регіону. Опади мають хвилеподібну структуру, з різким підвищенням у 1980-х та значними коливаннями у 1990-х. У 2000-х роках відзначено ряд дефіцитних років (2003, 2005), після чого у 2008-2010 рр. спостерігається підвищення. У 2015, 2018-2019, 2024 роках знову фіксуються нижчі значення.

Отже, на метеостанціях Луцьк, Ковель і Маневичі простежується тенденція до помітного зменшення кількості опадів, тоді як на метеостанціях Володимир, Любешів і Світязь випадання опадів має відносно рівномірний характер упродовж усього досліджуваного періоду.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ СИЛЬНИХ ОПАДІВ У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ З 1979 ПО 2024 РР.

2.1 Динаміка суми опадів у Волинській області

Метеорологічні станції у Волинській області охоплюють поліські рівнинні, заболочені, приозерні та урбанізовані території, що дозволяє врахувати просторову неоднорідність кліматичних умов регіону. Така просторово розгалужена мережа метеорологічних станцій (рис. 2.1) забезпечує надійну основу для аналізу сучасних кліматичних змін і оцінки регіональних особливостей метеорологічного режиму.

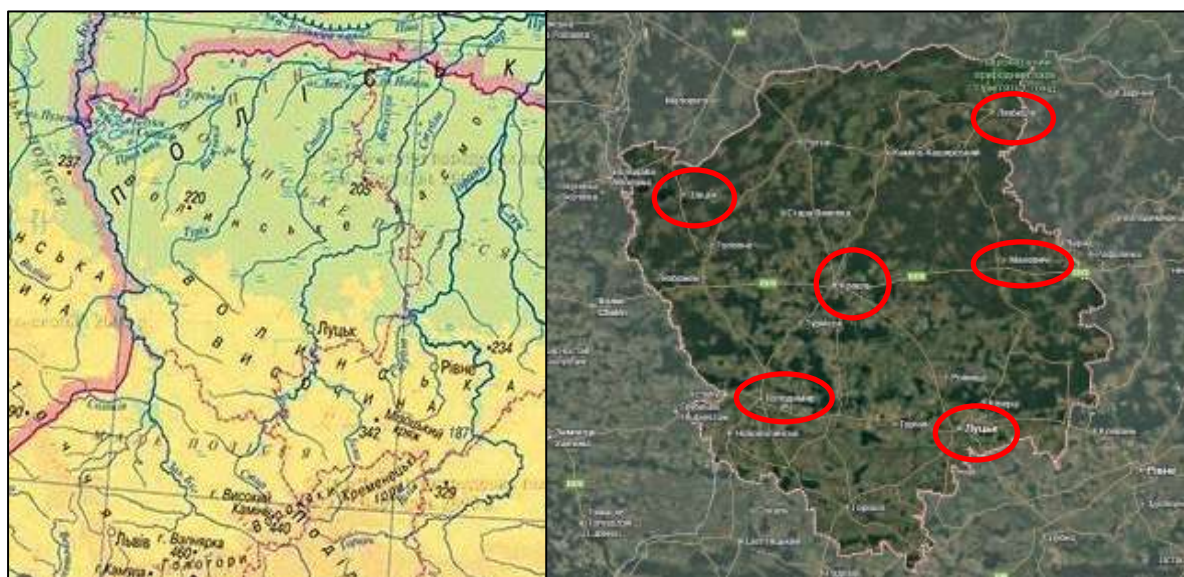


Рисунок 2.1 – Розташування пунктів дослідження у Волинській області

Для характеристики режиму опадоутворення на метеорологічних станціях Волинської області у якості вихідної інформації залучені дані метеорологічних спостережень з книжок КН-01, а саме за 24 години з січня 1979 по грудень 2024 рр.

Підчас дослідження були розраховані річні суми опадів (індекс RR, мм) та суми опадів холодного (листопад-березень) та теплого (квітень-жовтень) періодів на станціях Волинської області (табл. 2.1 та 2.2) з 1979 по 2024 рр. та визначені тренди їх значень.

Для виявлення кліматичних змін на території Волинської області, які спостерігаються протягом останніх десятиліть і можуть виявлятися також і у зміні режиму опадів, доцільно встановити нову норму опадів для останнього тридцятирічного періоду для всіх шість станцій регіону.

Графік річної кількості опадів (рис. 2.2) на метеостанції Луцьк за період 1979-2024 рр. відображає значну міжрічну мінливість опадів на тлі чітко вираженої слабко зростаючої лінійної тенденції. На початку досліджуваного періоду річні суми опадів переважно коливалися в межах 450-600 мм, при цьому найменша кількість опадів за весь ряд спостерігалася на початку 1980-х років, зокрема у 1982 р. (близько 380 мм), що свідчить про виражені посушливі умови того року. У середині 1980-х – на початку 1990-х років значення були загалом помірними, з окремими коливаннями без чіткого домінування вологих або сухих років. Із кінця 1990-х років спостерігається підвищення рівня зволоження, що особливо помітно у 1998 р., коли кількість опадів різко зросла понад 720 мм.

У 2000-х роках зберігається тенденція до збільшення частоти вологих років із річними сумами 600-700 мм і більше, а у 2008-2012 рр. фіксуються найвищі значення за весь період, абсолютний максимум припадає на 2012 рік (понад 810 мм), що характеризує його як надзвичайно вологий, проте у 2011 кількість опадів сягала лише 420 мм. Після 2013 р. річні суми опадів дещо знижуються, однак залишаються вищими, ніж у першій половині ряду, із коливаннями переважно в межах 520-650 мм, що вказує на загальну стабілізацію зволоження на підвищеному рівні.

Окремі роки, як-от 2015 та 2019, вирізняються відносно нижчими значеннями, але вже у 2021-2024 рр. знову спостерігається зростання річних сум до 680-750 мм, що підтверджує посилення вологості в останні роки.

Таблиця 2.1 – Річна (RR, мм) сума опадів та кількість опадів холодного (RR_{хп}, мм) та теплого (RR_{тп}, мм) періодів на станціях Луцьк, Володимир та Ковель у 1979-2024 рр.

Роки	Луцьк			Володимир			Ковель		
	RR _{хп} , мм	RR _{тп} , мм	RR, мм	RR _{хп} , мм	RR _{тп} , мм	RR, мм	RR _{хп} , мм	RR _{тп} , мм	RR, мм
1979	225,9	260,2	486,1	238,8	356,9	595,7	226,7	365,2	591,9
1980	166,2	554,8	721,0	184,9	631,6	816,5	155,6	599,4	755,0
1981	238,8	324,8	563,6	273,2	478,1	751,3	246,3	358,8	605,1
1982	97,4	281,3	378,7	125,5	343,5	469,0	138,5	328,2	466,7
1983	195,0	353,0	548,0	210,1	367,6	577,7	211,9	318,1	530,0
1984	107,1	416,7	523,8	142,8	457,7	600,5	147,0	401,8	548,8
1985	134,5	357,8	492,3	232,2	444,8	677,0	210,0	432,6	642,6
1986	78,6	368,0	446,6	148,9	441,5	590,4	131,8	350,1	481,9
1987	154,9	366,7	521,6	197,3	416,5	613,8	214,2	446,9	661,1
1988	146,0	405,8	551,8	223,9	442,9	666,8	201,3	512,5	713,8
1989	114,7	479,8	594,5	141,2	428,9	570,1	143,1	481,3	624,4
1990	133,6	358,1	491,7	153,4	464,0	617,4	158,2	481,5	639,7
1991	90,8	378,1	468,9	129,5	614,6	744,1	123,0	454,5	577,5
1992	129,2	398,8	528,0	164,0	459,8	623,8	157,9	427,3	585,2
1993	113,2	439,4	552,6	174,1	378,9	553,0	189,0	415,5	604,5
1994	165,9	294,0	459,9	205,7	377,3	583,0	246,2	380,9	627,1
1995	131,3	268,5	399,8	165,3	379,7	545,0	202,6	413,3	615,9
1996	111,4	297,1	408,5	142,4	398,6	541,0	156,3	414,1	570,4
1997	132,4	442,6	575,0	167,2	600,0	767,2	182,6	504,5	687,1
1998	133,9	596,0	729,9	183,7	483,9	667,6	181,9	525,6	707,5
1999	158,9	485,1	644,0	205,8	372,3	578,1	204,0	431,9	635,9
2000	190,1	339,7	529,8	205,2	422,4	627,6	220,0	486,6	706,6
2001	176,0	393,0	569,0	207,3	543,2	750,5	185,8	500,2	686,0
2002	109,0	387,1	496,1	163,0	550,4	713,4	169,4	364,4	533,8
2003	113,0	419,0	532,0	134,2	354,4	488,6	155,1	398,2	553,3
2004	208,2	399,7	607,9	257,5	499,4	756,9	239,5	362,0	601,5
2005	209,0	369,4	578,4	241,0	332,3	573,3	237,2	308,3	545,5
2006	144,0	486,3	630,3	185,9	494,4	680,3	171,5	553,8	725,3
2007	192,4	502,2	694,6	223,4	587,9	811,3	207,7	401,5	609,2
2008	144,0	608,3	752,3	176,6	586,2	762,8	182,7	618,5	801,2
2009	211,9	439,2	651,1	218,2	464,3	682,5	243,3	475,1	718,4
2010	214,4	504,1	718,5	241,4	455,4	696,8	232,8	457,3	690,1
2011	122,2	297,8	420,0	137,9	517,0	654,9	130,0	418,2	548,2
2012	208,1	604,5	812,6	205,6	491,9	697,5	178,8	516,3	695,1
2013	223,0	458,1	681,1	262,8	449,6	712,4	249,3	408,0	657,3
2014	149,0	482,5	631,5	160,4	487,5	647,9	173,4	442,0	615,4
2015	156,2	365,0	521,2	147,5	347,9	495,4	151,9	388,4	540,3
2016	192,8	353,9	546,7	275,7	371,2	646,9	231,2	416,2	647,4
2017	220,3	417,6	637,9	201,5	422,2	623,7	214,7	487,2	701,9
2018	211,2	342,4	553,6	211,4	440,3	651,7	200,1	330,1	530,2
2019	150,6	380,3	530,9	162,2	380,6	542,8	171,8	434,4	606,2
2020	147,7	443,7	591,4	157,4	401,6	559,0	150,0	584,6	734,6
2021	242,5	377,6	620,1	198,0	295,8	493,8	214,5	457,0	671,5
2022	224,6	520,6	745,2	207,1	503,5	710,6	241,7	450,2	691,9
2023	247,6	435,6	683,2	319,0	507,3	826,3	305,0	428,8	733,8
2024	256,9	352,7	609,6	238,3	342,2	580,5	218,6	333,0	551,6
Середнє	165,7	408,8	574,6	194,5	447,6	642,1	193,6	436,2	629,7
Максимум	256,9	608,3	812,6	319,0	631,6	826,3	305,0	618,5	801,2
Мінімум	78,6	260,2	378,7	125,5	295,8	469,0	123,0	308,3	466,7

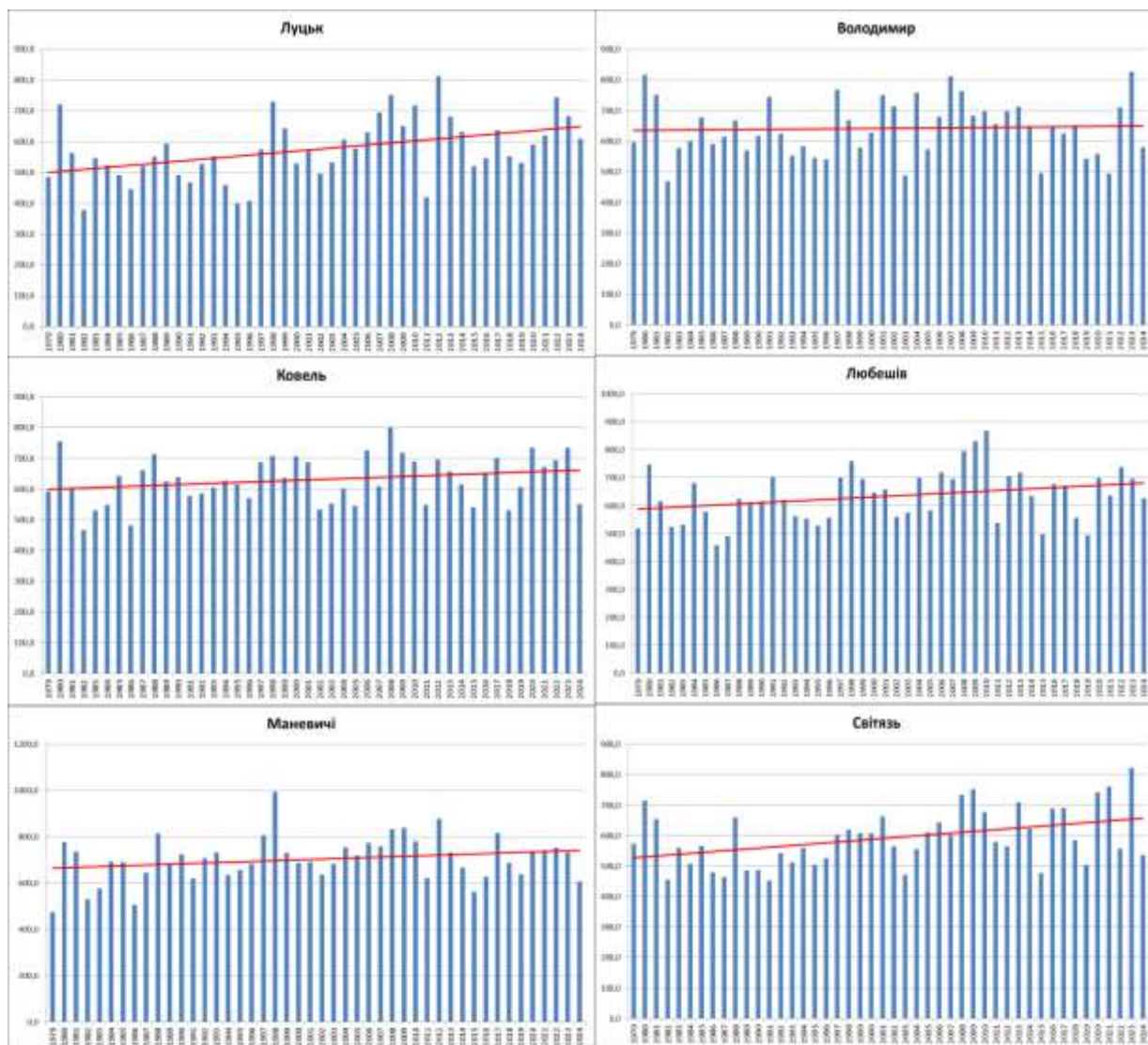


Рисунок 2.2 – Річна (RR, мм) сума опадів на станціях
Волинської області у 1979-2024 рр.

Лінія лінійного тренду, яка нанесена на графік, демонструє поступове зростання середньорічної кількості опадів приблизно від 500 мм наприкінці 1970-х років до понад 640 мм у 2020-х роках, що свідчить про довгострокове підвищення зволоження території в умовах сучасних кліматичних змін та зростання ролі інтенсивних і тривалих опадів у формуванні гідрометеорологічного режиму Луцька.

На метеостанції Володимир за 1979-2024 рр. річна сума опадів характеризується значною міжрічною мінливістю на тлі слабо вираженої додатної довгострокової тенденції (рис. 2.2).

На початку періоду (кінець 1970-х – початок 1980-х років) річні суми опадів коливалися в межах 470-750 мм, при цьому 1982 рік вирізняється як один з найсухіших (близько 470 мм), тоді як 1980 і 1981 роки були відносно вологими. Упродовж другої половини 1980-х та на початку 1990-х років спостерігається чергування помірно вологих і близьких до норми років без стійкого тренду, з коливаннями переважно у межах 550-700 мм.

Із середини 1990-х років відмічається посилення контрастності режиму опадів: у 1997-1998 рр. фіксуються дуже вологі роки, з різким зростанням сум опадів, що у 1997 р. перевищують 760 мм. У 2000-х роках зберігається підвищений рівень зволоження з окремими максимумами у 2001-2004, окрім 2003 року коли кількість опадів сягала близько 490 мм, та особливо у 2007 році, коли кількість опадів перевищила 800 мм, що відповідає категорії дуже вологого року.

Протягом 2010-х років річні суми загалом стабілізуються на рівні 630-710 мм, хоча спостерігаються окремі сухіші роки, зокрема 2015 та 2019 роки з показниками нижче 550 мм. У 2022-2023 рр. знову проявляється підвищення вологості, а 2023 рік із сумою понад 820 мм є одним з найвологіших за весь період спостережень, після чого у 2024 році відмічається зниження до 580 мм.

Лінія лінійного тренду свідчить про дуже повільне зростання середньорічної кількості опадів – приблизно від 630 мм наприкінці 1970-х до близько 650 мм у сучасний період, що вказує на загальну тенденцію до незначного підвищення зволоження території Володимира в умовах сучасних кліматичних змін при збереженні високої міжрічної мінливості.

Графік річної кількості опадів на метеостанції Ковель (рис. 2.2) за 1979-2024 рр. відображає виражену міжрічну мінливість на тлі стійкої додатної тенденції. У 1979-1980-х роках річні суми опадів переважно коливалися в межах 550-700 мм, із поодинокими сухішими роками. У середині 1990-х років спостерігається деяке зниження кількості опадів, однак наприкінці десятиліття (1997-1998 рр.) фіксується різке зростання до 690-710 мм, що свідчить про вологий період.

Таблиця 2.2 – Річна (RR, мм) сума опадів та кількість опадів холодного (RR_{хп}, мм) та теплого (RR_{тп}, мм) періодів на станціях Любешів, Маневичі та Світязь у 1979-2024 рр.

Роки	Любешів			Маневичі			Світязь		
	RR _{хп} , мм	RR _{тп} , мм	RR, мм	RR _{хп} , мм	RR _{тп} , мм	RR, мм	RR _{хп} , мм	RR _{тп} , мм	RR, мм
1979	216,5	302,7	519,2	236,3	237,4	473,7	230,3	343,6	573,9
1980	191,6	554,3	745,9	202,6	575,2	777,8	146,7	567,6	714,3
1981	245,6	370,4	616,0	318,1	417,8	735,9	201,1	452,5	653,6
1982	164,8	359,2	524,0	163,5	366,3	529,8	141,9	314,5	456,4
1983	200,2	331,6	531,8	279,2	297,8	577,0	187,3	373,3	560,6
1984	144,0	537,7	681,7	148,3	545,1	693,4	115,2	392,4	507,6
1985	182,4	396,0	578,4	232,4	458,6	691,0	172,3	393,3	565,6
1986	145,0	313,6	458,6	182,3	324,3	506,6	144,4	335,8	480,2
1987	190,1	301,4	491,5	223,9	420,7	644,6	197,3	268,0	465,3
1988	191,3	431,7	623,0	236,4	577,7	814,1	187,5	472,6	660,1
1989	144,4	464,8	609,2	175,2	502,5	677,7	134,0	351,6	485,6
1990	154,7	461,1	615,8	206,2	518,3	724,5	102,5	384,6	487,1
1991	113,6	589,7	703,3	142,2	477,1	619,3	123,7	329,2	452,9
1992	147,9	471,7	619,6	208,1	500,3	708,4	141,3	401,5	542,8
1993	151,4	410,6	562,0	230,2	501,8	732,0	177,8	334,6	512,4
1994	236,4	316,6	553,0	261,3	374,3	635,6	240,7	319,9	560,6
1995	188,9	338,8	527,7	222,7	435,6	658,3	163,7	340,8	504,5
1996	173,2	382,7	555,9	205,4	478,9	684,3	144,8	380,5	525,3
1997	207,4	494,5	701,9	220,8	586,5	807,3	135,7	467,7	603,4
1998	192,5	566,2	758,7	230,2	763,0	993,2	159,0	460,6	619,6
1999	226,8	467,6	694,4	246,2	484,4	730,6	196,0	411,0	607,0
2000	215,4	431,8	647,2	252,1	435,1	687,2	214,9	392,1	607,0
2001	171,9	485,6	657,5	226,2	465,6	691,8	150,4	512,0	662,4
2002	179,6	379,3	558,9	194,6	442,3	636,9	160,6	404,1	564,7
2003	135,2	439,4	574,6	183,1	499,6	682,7	110,2	360,1	470,3
2004	251,5	450,3	701,8	294,6	459,1	753,7	199,7	356,2	555,9
2005	242,0	341,0	583,0	290,3	428,3	718,6	219,9	390,3	610,2
2006	181,6	536,3	717,9	209,1	564,3	773,4	137,2	505,8	643,0
2007	212,1	483,4	695,5	253,2	504,9	758,1	185,9	415,2	601,1
2008	211,6	584,2	795,8	234,8	598,9	833,7	202,5	531,9	734,4
2009	274,4	557,3	831,7	257,6	581,8	839,4	227,7	524,6	752,3
2010	246,7	621,9	868,6	239,1	542,2	781,3	236,4	439,7	676,1
2011	131,7	406,5	538,2	163,9	457,6	621,5	116,9	462,1	579,0
2012	198,9	507,9	706,8	251,4	626,2	877,6	145,1	419,2	564,3
2013	279,1	440,0	719,1	315,4	417,1	732,5	264,5	444,9	709,4
2014	168,4	465,9	634,3	193,3	473,1	666,4	187,1	435,5	622,6
2015	187,9	309,0	496,9	201,8	359,8	561,6	167,0	310,0	477,0
2016	293,6	383,1	676,7	295,0	333,0	628,0	272,3	415,6	687,9
2017	241,1	430,0	671,1	289,1	526,9	816,0	205,8	484,7	690,5
2018	217,8	338,1	555,9	244,6	441,8	686,4	209,5	376,6	586,1
2019	176,7	316,9	493,6	208,0	430,1	638,1	177,7	326,4	504,1
2020	159,3	539,1	698,4	187,7	551,2	738,9	161,4	580,1	741,5
2021	205,9	429,9	635,8	236,8	503,8	740,6	182,0	579,1	761,1
2022	235,5	502,5	738,0	251,8	501,1	752,9	222,9	334,4	557,3
2023	301,3	395,0	696,3	309,6	422,8	732,4	314,0	507,7	821,7
2024	202,7	423,4	626,1	225,5	380,9	606,4	223,2	313,3	536,5
Середнє	198,5	436,1	634,6	230,0	473,7	703,7	181,3	411,2	592,5
Максимум	301,3	621,9	868,6	318,1	763,0	993,2	314,0	580,1	821,7
Мінімум	113,6	301,4	458,6	142,2	237,4	473,7	102,5	268,0	452,9

У 2000-х домінують роки з підвищеним зволоженням (650-730 мм), а у 2008-2009 рр. значення наближаються до локальних максимумів. У 2010-х роках зберігається стабільно високий рівень опадів при окремих сухіших роках (близько 520-550 мм у середині десятиліття). У 2021-2023 рр. знову простежується підвищення опадів до 670-690 мм. Лінія тренду демонструє поступове зростання середньорічних сум приблизно від 610 до 670 мм, що свідчить про тенденцію до поступового зволоження території.

Річна кількість опадів на метеостанції Любешів (табл. 2.2 та рис. 2.2) характеризується значною амплітудою коливань та виразною додатною тенденцією. У 1979-1980-х роках річні суми здебільшого перебували в інтервалі 500-650 мм, із сухішими роками на початку 1980-х. У середині 1990-х років з'являються вологі роки з сумами понад 650-700 мм. Особливо виділяється 1998 рік, коли кількість опадів різко зросла до екстремально високих значень (понад 750 мм).

У 2000-х роках спостерігається чергування помірно вологих і дуже вологих років, а у 2009-2010 рр. фіксуються одні з найбільших річних сум за весь період. У 2010-х роках зберігається підвищений рівень зволоження з коливаннями в межах 600-750 мм. У 2020-2024 рр. знову спостерігається зростання опадів, що підтверджує загальну тенденцію до посилення вологості. Лінія тренду свідчить про поступове зростання середньорічної кількості опадів приблизно від 620 до понад 700 мм наприкінці періоду.

Графік для метеостанції Маневичі (рис. 2.2) відзначається найбільшою варіабельністю серед усіх досліджуваних станцій та дуже вираженими екстремумами. На початку періоду (1979-1985 рр.) річні суми коливалися в межах 600-780 мм, після чого у першій половині 1990-х років спостерігається певне зниження з окремими сухішими роками. Абсолютний максимум припадає на 1998 рік, коли кількість опадів досягла майже 1000 мм, що свідчить про надзвичайно вологі умови та високу ймовірність підтоплень. У 2000-2004 рр. переважають роки з опадами 700-780 мм, надалі можливі як вологі, так і сухі роки. У 2010-х роках зберігається підвищений рівень

зволоження з повторними максимумами понад 850-900 мм. У 2020-х роках річні суми залишаються високими, що підтверджує загальну тенденцію до посилення вологості. Лінія тренду чітко зростає від близько 670 мм на початку ряду до понад 750 мм наприкінці, що вказує на довгострокове підвищення зволоження у Маневичах.

Динаміка річної кількості опадів на метеостанції Світязь свідчить про стійке зростання зволоження при значних міжрічних коливаннях (рис. 2.2). У 1979-1980-х роках опади коливалися переважно в межах 450-600 мм, із пониженими значеннями на початку 1980-х. У 1990-х роках спостерігається поступове збільшення річних сум до 600-650 мм. У 2000-х роках кількість вологих років зростає, а вже після 2008-2009 рр. значення стабільно перевищують 650-700 мм. Особливо вологими є роки після 2010 р., коли опади часто досягають 720-780 мм і більше. У 2021-2023 рр. річні суми наближаються до максимальних за весь період значень, що пов'язано з посиленням ролі інтенсивних атмосферних опадів у районі Шацьких озер. Лінія тренду демонструє впевнене зростання середньорічної кількості опадів приблизно від 560 мм наприкінці 1970-х до понад 720 мм у сучасний період, що чітко вказує на кліматично зумовлене підсилення вологості.

Аналіз багаторічної динаміки річної кількості опадів на метеорологічних станціях Волинської області за період 1979–2024 рр. свідчить про значну міжрічну мінливість опадів на тлі загальної тенденції до зростання зволоження території. Для всіх досліджуваних пунктів характерне поєднання різко контрастних за вологістю років, що відображає зростання ролі екстремальних атмосферних процесів у сучасних кліматичних умовах.

На станціях Луцьк і Володимир, розташованих у південній та південно-західній частинах області, спостерігається слабо виражений додатний тренд суми опадів при збереженні високої міжрічної мінливості. Тут відмічається чергування посушливих і надмірно вологих років, особливо з кінця 1990-х років, що свідчить про зростання контрастності режиму зволоження.

Для поліських станцій Ковель і Любешів характерне більш стійке підвищення річних сум опадів, що зумовлено особливостями ландшафту, підвищеною залісненістю та заболоченістю території. У цих районах чітко простежується зростання частоти вологих і дуже вологих років, особливо після 2000-х років.

Найбільш виражені зміни зафіксовано на станції Маневичі, де спостерігаються максимальні річні суми опадів і найвища варіабельність, включно з екстремальне вологими роками (зокрема 1998 р. та окремі роки після 2010 р.). Це підтверджує високу чутливість глибинних районів Полісся до посилення атмосферної вологозабезпеченості.

Станція Світязь, яка розташована в зоні впливу великих водних поверхонь, також демонструє стійкий позитивний тренд опадів, особливо після 2008–2010 рр., що пов'язано з посиленням інтенсивних атмосферних опадів і локальних мезокліматичних ефектів озерно-лісового комплексу.

Загалом отримані результати вказують на кліматично зумовлене підсилення зволоження Волинської області, найбільш виражене у північних і центральних поліських районах, а також на зростання ролі екстремальних опадів у формуванні сучасного гідрометеорологічного режиму регіону, що має важливі наслідки для водного господарства, сільського господарства та оцінки гідрометеорологічних ризиків.

2.2 Аналіз показників посилення опадів у Волинській області

Для аналізу посилення режиму опадів доцільно використовувати індекси R30mm та RX1day, оскільки вони безпосередньо характеризують частоту та інтенсивність сильних і екстремальних опадів, які найчутливіші до кліматичних змін [20-23].

Індекс R30mm відображає кількість днів із дуже інтенсивними опадами (≥ 30 мм на добу), що дозволяє оцінити зростання повторюваності небезпечних дощових подій, тоді як RX1day показує максимальну добову суму опадів і є

індикатором екстремальних злив із найбільшим гідрологічним та соціально-економічним ефектом. Спільне використання цих індексів дає змогу відрізнити зміни середнього зволоження від змін саме екстремального режиму опадів і коректно оцінити ризики підтоплень, ерозійних процесів та впливів на інфраструктуру.

У межах виконаного дослідження проаналізовано індекс R30mm або кількість днів із сильними опадами (добова сума понад 30 мм) та визначено максимальні добові суми опадів (RX1day) за рік на шести метеорологічних станціях Волинської області. Додатково враховано сумарну кількість таких днів у масштабах усієї області для кожного року, що дало змогу оцінити як просторову, так і часову мінливість інтенсивних опадів.

Середні максимальні добові суми опадів (RX1day) змінювалися від 37,0 мм у Луцьку до 46,5 мм у Володимирі (рис. 2.3), а в середньому по області становили 40,8 мм. У міжрічному розрізі ці значення істотно коливалися – від 16,5 мм у Луцьку в 1985 р. до 128,2 мм у Володимирі в 1991 р.

Двічі за 45 років максимальна добова сума перевищувала 120 мм: у Володимирі в 1991 р. та в Луцьку в 2013 р. У діапазоні 100-120 мм опади спостерігалися в Любешові у 1991 р. (119,3 мм) і у Володимирі в 2007 р. (110,8 мм). Значення 80-100 мм фіксувалися шість разів: у Володимирі в 2013 р. (81,5 мм), у Луцьку в 2006 р. (97,0 мм), у Маневичах у 1998 р. (94,8 мм), у Ковелі в 1992 та 2016 рр. (80,8 і 93,2 мм), а також у Світязі у 2020 р. (93 мм).

Водночас у Маневичах, Ковелі та Світязі протягом 1979-2024 рр. жодного разу не було зафіксовано добової суми опадів понад 100 мм.

Найінтенсивніші епізоди сильних опадів у Волинській області спостерігалися у 1991 та 2013 роках, тоді як відносно менш активні періоди припадали на 1982-1985, 2008-2011 та 2017-2019 рр.

У ході роботи розраховані аномалії максимальних добових сум опадів відносно середнього значення за 1979-2024 рр. (рис. 2.4).

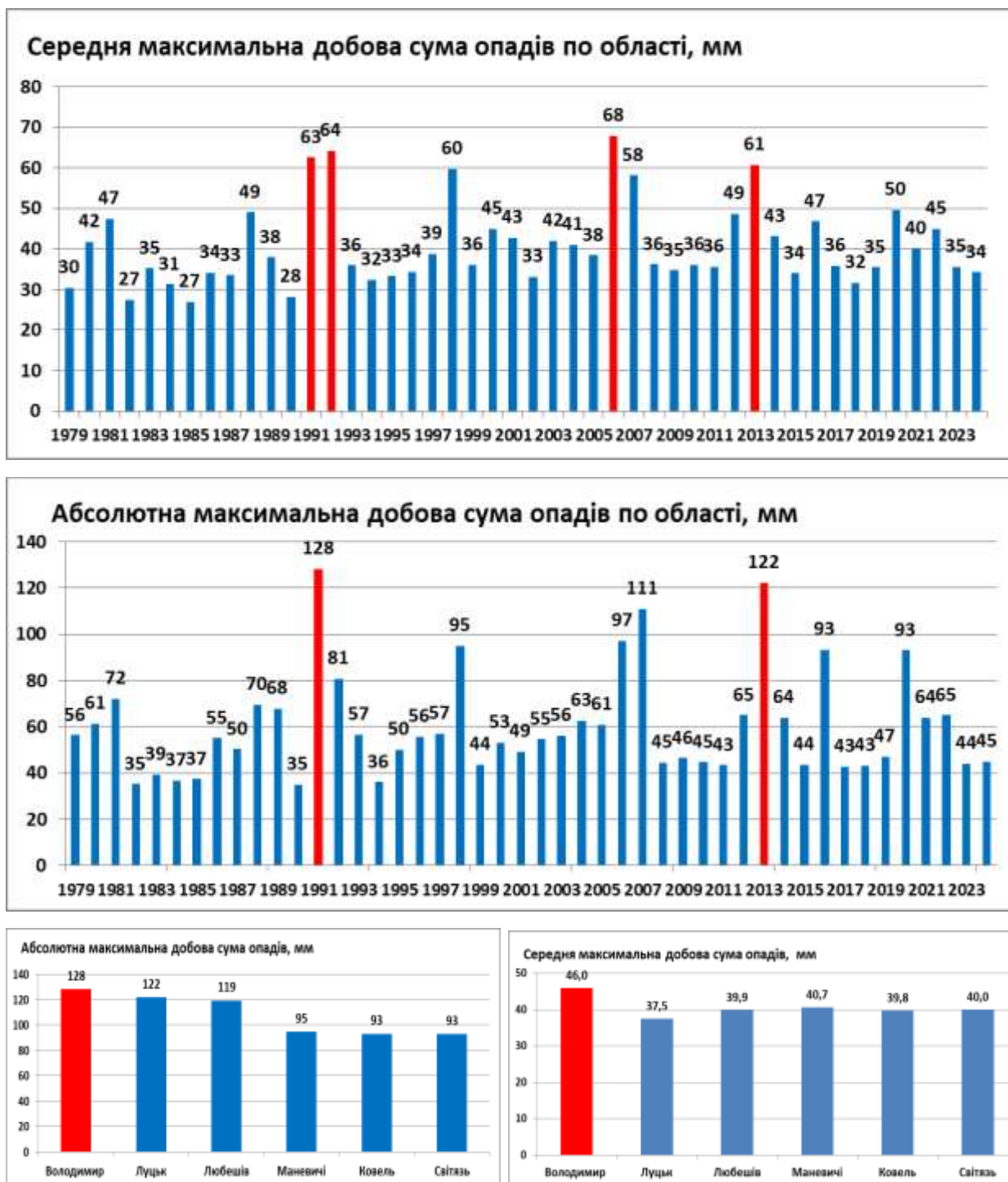


Рисунок 2.3 - Середня та максимальна добові суми опадів (мм) на станціях Волинської області у 1979-2024 рр.

Переважно вони мали від’ємний характер і суттєво відрізнялися між станціями в межах одного року. Водночас у 1992, 2006 та 2012 рр. на всіх станціях області зафіксовано додатні аномалії, найбільші з яких припали на 1992 рік (від 3,6 мм у Луцьку до 31,6 мм у Володимирі). Від’ємні аномалії на

всіх станціях спостерігалися у 1982-1985, 1990, 1994 та 2011 рр. Абсолютний максимум аномалії відзначений у Луцьку в 2013 р. (+85,0 мм), а мінімум – у Володимирі в 1982 р. (-28,1 мм).

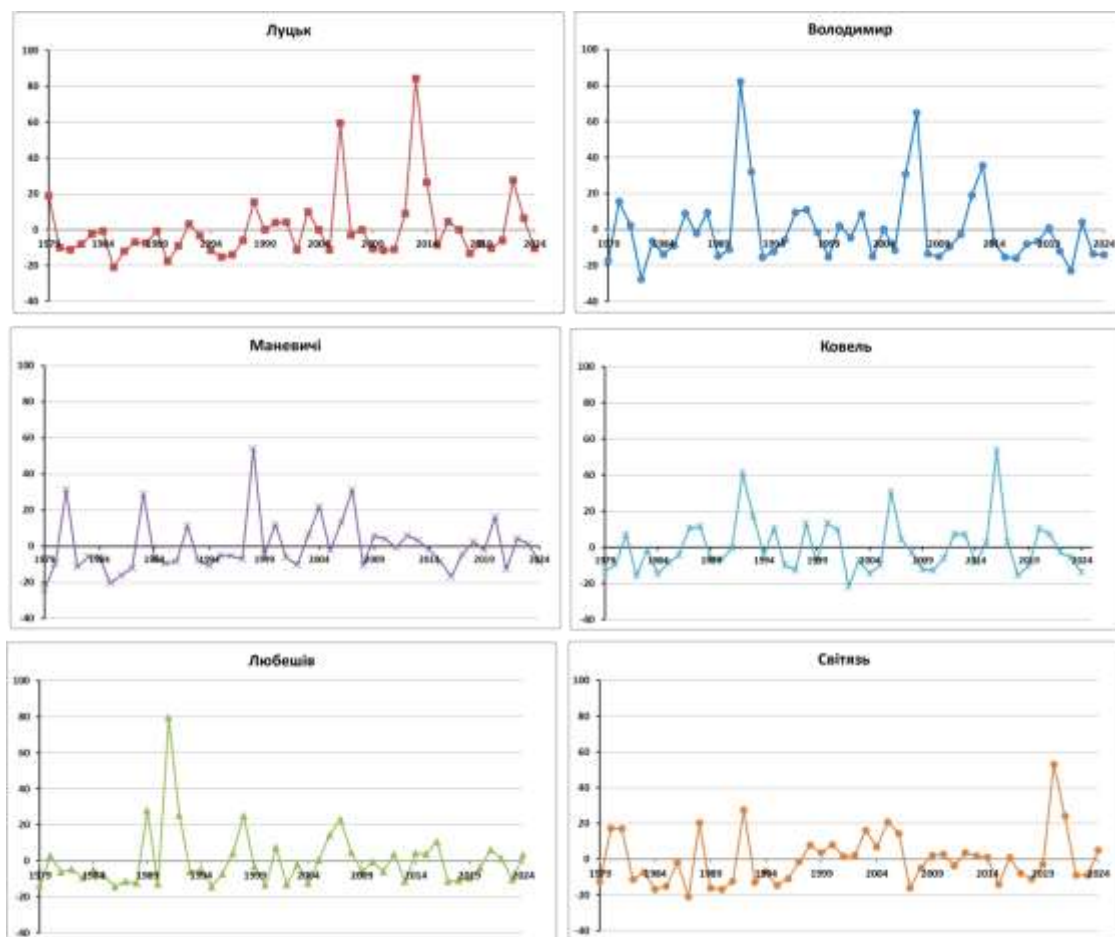


Рисунок 2.4 – Аномалії індексу RX1day (мм) на станціях Волинської області відносно середнього значення у 1979-2024 рр.

Щодо індексу R30mm, то у середньому по області за рік реєструвалося близько 8,4 дня з добовою сумою опадів понад 30 мм. Сильні опади на станціях області фіксувалися не щороку, однак принаймні на одній зі станцій такі суми спостерігалися щорічно (рис. 2.5).

Максимальна кількість днів із добовою сумою опадів понад 30 мм припала на 2006 та 2012 роки – відповідно 23 і 22 дні, також високим цей показник був у 2001 р. (18 днів). Найменші значення зафіксовані у 1979 та

1982 рр. – відповідно 1 і 2 дні. Загалом 2006 рік вирізнявся найвищою активністю інтенсивних опадів майже на всіх метеостанціях, що дозволяє вважати його надзвичайно вологим за весь період спостережень.

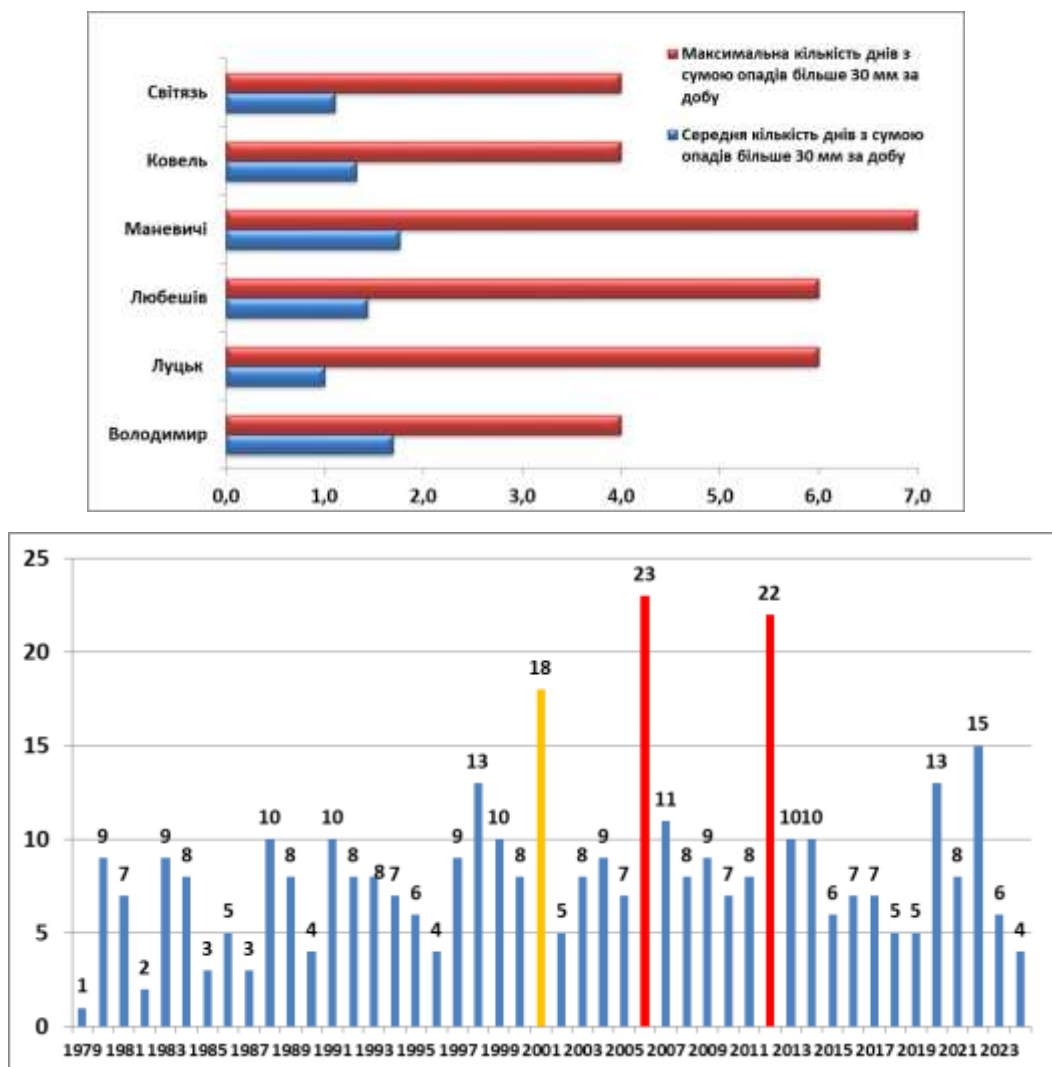


Рисунок 2.5 – Кількість днів з сумаю опадів більше 30 мм на добу (R30mm, к.днів) у Волинській області, 1979-2024 рр.

Загалом саме 2006 рік вирізнявся найвищою активністю інтенсивних опадів майже на всіх метеостанціях, особливо у Володимирі, Любешові та Маневичах. 2006 рік – абсолютний максимум: 23 дні. Це найвищий показник за весь період, що свідчить про надзвичайно вологий рік. 2012 рік: 22 дні. 2001 рік – теж активний рік: 18 днів, найвищий показник за останнє десятиліття.

Найнижчі значення спостерігались у 1979 рік – лише 1 день, що є мінімальним значенням за увесь період, та 1982 – 2 дні.

Просторовий розподіл сильних опадів по області (рис. 2.6) є нерівномірним. Найрідше добова сума понад 30 мм не фіксувалася у Володимирі (лише тричі за 1979-2024 рр.), а найчастіше – у Луцьку (протягом 19 років).

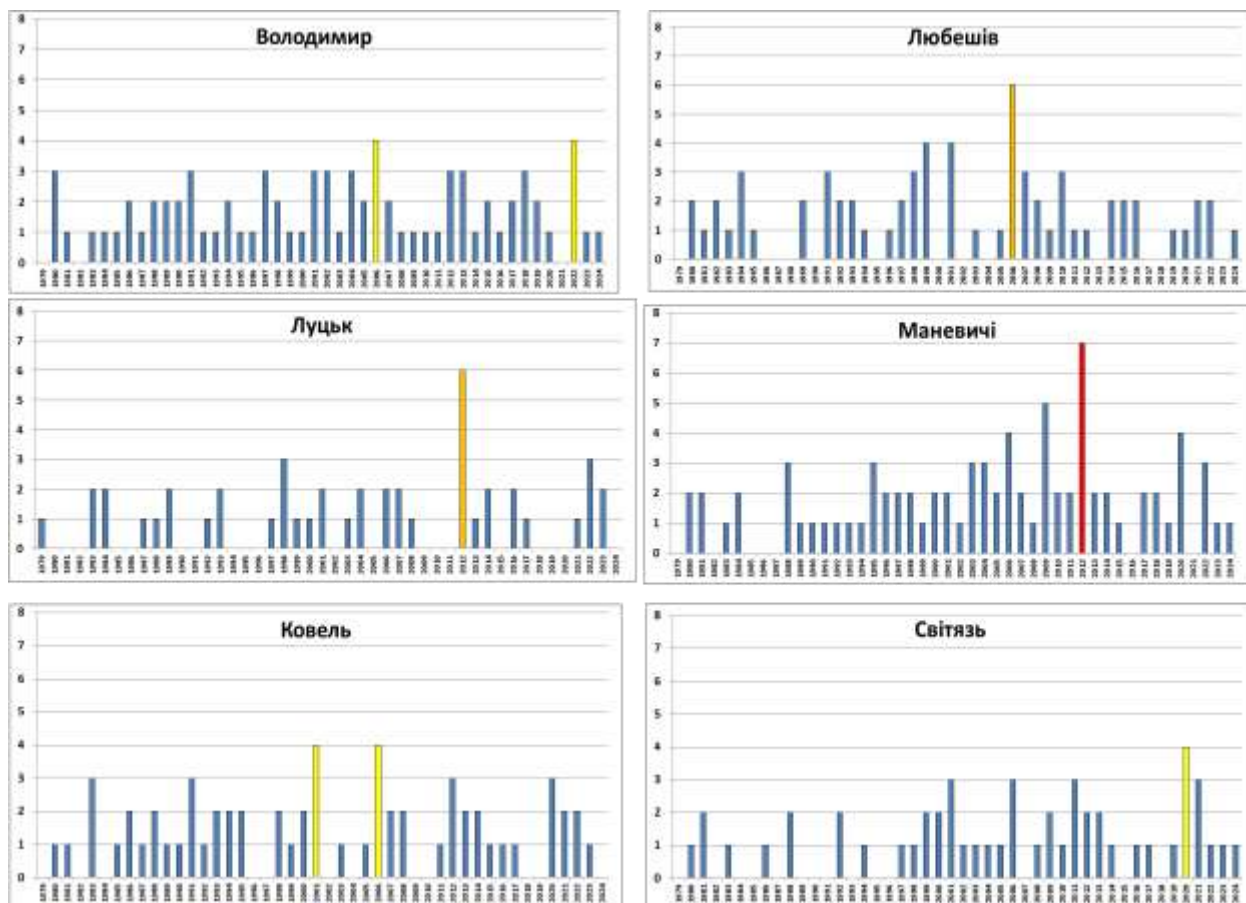


Рисунок 2.6 - Кількість днів з опадами більше 30 мм на добу на метеорологічних станціях Волинської області, 1979-2024 рр.

Найактивнішою за частотою R30mm виявилася станція Маневичі, де у середньому було 1,89 дня на рік, із максимумом 7 днів у 2012 р. та загальною кількістю 89 днів (рис. 2.5). Для Володимира середнє значення становило 1,76 дня на рік, з максимумом 4 дні у 2006 і 2022 рр. та мінімумом 0 днів у 1979 та 2021 рр. (рис. 2.6). У Любешові середня кількість становила 1,54 дня на рік із

піком 6 днів у 2006 р. (рис. 2.6), у Ковелі – 1,41 дня на рік із максимумом 4 дні у 2001 та 2006 рр(рис. 2.6).

Найнижчі значення виявилися у Світязі – 1,17 дня на рік (максимум 4 дні у 2020 р.) та у Луцьку – 1,13 дня на рік, хоча у 2012 р. тут зафіксовано 6 днів з інтенсивними опадами. Найчастіше сильні опади виникали у 2006, 2012, 1998 та 2020 роки, тоді як найменш активними були – 1979, 1982 і 1991 роки.

Випадки, коли на окремій станції спостерігалось понад 5 днів з інтенсивними опадами протягом року, траплялися рідко й переважно були характерні для Маневичів і Любешова.

Загалом Волинська область характеризується значною міжрічною мінливістю сильних опадів із тенденцією до зростання частоти пікових років у 2000-х і 2010-х рр., що підкреслює потенційну загрозу локальних підтоплень та негативного впливу на сільське господарство й інфраструктуру.

Аналіз індексів RX1day та R30mm для Волинської області за 1979–2024 рр. показав, що режим сильних опадів характеризується значною міжрічною та просторовою мінливістю, з наявністю окремих років із різко підвищеною інтенсивністю й частотою небезпечних опадів. Найбільш інтенсивні добові суми та максимальна кількість днів із опадами понад 30 мм спостерігалися переважно у 2000-х і 2010-х роках, що свідчить про зростання ролі екстремальних опадів у сучасному кліматичному режимі регіону. Просторово найбільш уразливими до сильних опадів є поліські райони (Маневичі, Любешів), тоді як південні станції мають меншу частоту таких подій, що підкреслює необхідність урахування локальних фізико-географічних умов під час оцінювання гідрометеорологічних ризиків та планування заходів адаптації.

2.3 Просторово-часова мінливість опадів за процентильними критеріями

Для аналізу екстремальних метеорологічних явищ доцільно використовувати процентилі, оскільки вони дозволяють адаптивно визначати екстремуми відносно локального клімату, а не за фіксованими порогами. Це особливо важливо в регіонах із просторово неоднорідними кліматичними умовами та різною сезонністю, де абсолютні пороги можуть недооцінювати або переоцінювати екстремальність подій.

Цей підхід враховує місцеву кліматичну норму і варіабельність, забезпечує порівняння результатів між різними станціями, а також є стандартом у міжнародних дослідженнях кліматичних екстремумів [21-23].

Доцільно обирати для дослідження сильних опадів 90, 95 та 99 процентилі:

- 90-й процентиль (P90) — використовується для аналізу помірно сильних подій, чутливих до кліматичних змін;
- 95-й процентиль (P95) — характеризує сильні екстремальні явища, які вже мають помітні соціально-економічні наслідки;
- 99-й процентиль (P99) — застосовується для оцінки рідкісних і дуже інтенсивних екстремумів, пов'язаних із найбільшими ризиками (зливи, хвилі спеки, сильні вітри).

Часто у практичних дослідженнях використовують комбінацію P95 та P99, оскільки це дозволяє простежити як зміну частоти сильних подій, так і поведінку найекстремальніших випадків у сучасному кліматі.

Також має сенс залучення 50-й і 75-й процентилей, але вони виконують іншу аналітичну роль, ніж 90–99-й.

75-й процентиль (P75) відображає помірно інтенсивні події та є перехідною ланкою між фоном і екстремумами, добре підходить для аналізу посилення опадів, коли зростають не лише сильні дощі. Він корисний для оцінки зміни режиму опадів, виявлення ранніх сигналів інтенсифікації, ще до появи різкого зростання P95–P99.

50-й центиль (P50) це медіана розподілу, він характеризує типові (фонові) умови, а не екстремуми, та використовується як базовий рівень для порівняння, щоб показати зсув усього розподілу (наприклад, чи зростають не лише екстремуми, а й “звичайні” опади). P50 доцільний, якщо потрібно показати, що зміни відбуваються не лише в хвостах розподілу, а по всій його структурі.

У такій комбінації центилі дозволяють комплексно оцінити зміну всього розподілу опадів від типових значень до найнебезпечніших екстремумів:

- ✓ P50 — фонові умови (медіана);
- ✓ P75 — інтенсивні, але не екстремальні події;
- ✓ P95 — сильні події;
- ✓ P95 — сильні екстремуми;
- ✓ P99 — рідкісні екстремальні явища з найбільшими ризиками.

У межах дослідження для метеорологічних станцій Волинської області за період 1979–2024 рр. було розраховано 50-й, 75-й, 90-й, 95-й, 99-й та 99,9-й центилі добових сум опадів (табл. 2.3). 50-й центиль відповідає медіані розподілу й характеризує типові умови, за яких половина значень є нижчими, а половина — вищими за нього. 75-й центиль (третій квартиль) відображає верхню частину розподілу: 75 % спостережень зосереджені нижче цього рівня, тоді як 25 % перевищують його. 90-й центиль визначає поріг, нижче якого знаходиться 90 % значень, а верхні 10 % становлять інтенсивні опади, що дозволяє використовувати його для аналізу сильних та потенційно екстремальних подій.

Вищі центилі характеризують найбільш інтенсивні й рідкісні значення у вибірці. Зокрема, 95-й центиль означає, що лише 5 % спостережень перевищують цей рівень, тому він широко застосовується для ідентифікації екстремальних метеорологічних явищ. 99-й центиль окреслює ще рідкісніші події, для яких перевищення становить лише 1 % випадків. Найчутливішим до екстремумів є 99,9-й центиль, над яким

знаходиться лише 0,1 % значень, що дає змогу оцінювати виняткові за інтенсивністю та повторюваністю екстремальні опади.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків 50, 75, 95, 95, 99 та 99,9 процентилей добових сум опадів на метеостанціях Волинської області

Станція	50	75	90	95	99	99,9
Луцьк	1,0	3,5	8,0	12,2	25,5	43,9
Ковель	1,9	4,8	9,8	14,7	28,5	50,3
Володимир	1,5	4,1	9,1	14,0	28,9	58,1
Маневичі	1,9	5,0	10,0	15,0	29,9	51,6
Любешів	1,3	4,0	8,6	13,4	26,7	47,8
Світязь	1,7	4,4	9,3	13,6	27,1	56,6

Результати розрахунків свідчать про суттєві регіональні відмінності інтенсивності опадів у межах Волинської області. Медіанні значення (50-й процентиль), що відображають типовий дощ, є невисокими на всіх станціях і коливаються в межах 1,0-1,9 мм. Найбільші значення мають Маневичі та Ковель (1,9 мм), що може бути пов'язано з локальними умовами циркуляції та більшою частотою слабких опадів. Найнижчі медіанні значення характерні для Луцька (1,0 мм) – це свідчить про типовий помірний режим щоденних дощів.

Для 75-го процентиля (табл. 2.3), який характеризує відносно помірні, але вже відчутні опади, чітко вирізняються Маневичі (5,0 мм) і Ковель (4,8 мм). Це регіони з більшою кількістю днів із помірними дощами. Луцьк та Любешів мають найнижчі значення (3,5-4,0 мм), що вказує на більш сухий середній режим опадів у порівнянні з північно-східною частиною області.

З переходом до 90-го та 95-го процентилів – тобто сильних і дуже сильних дощів – простежується стабільне лідерство Маневич, Ковеля та Володимира (табл. 2.3). Значення 90-го процентиля у них сягають 9,8-10,0 мм, а 95-го – 14,0-15,0 мм, що свідчить про регулярність досить сильних добових

опадів. Натомість Любешів і Луцьк демонструють нижчі значення, що означає меншу частоту інтенсивних дощів та їх порівняно слабшу силу.

Найбільш виразні відмінності проявляються у верхній частині розподілу – на рівнях 99-го та 99,9-го процентилів (табл. 2.3), які характеризують екстремальні явища. Тут спостерігається чітке домінування Володимира, Маневичів та Світязя. На цих станціях 99-й перцентиль перевищує 27-29 мм, а 99,9-й сягає 51-58 мм. Володимир та Світязь виділяються особливо високими значеннями (58,1 мм та 56,6 мм відповідно), що характеризує їх як зони з підвищеним ризиком екстремальних злив. Ковель також демонструє високий рівень екстремальних дощів (50,3 мм), водночас Любешів і Луцьк мають значно нижчі порогові значення (47,8 і 43,9 мм), що вказує на нижчу інтенсивність найбільш екстремальних подій.

Узагальнюючи, можна сказати, що найінтенсивніші опади на Волині характерні для Володимира, Світязя, Ковеля та Маневичів, де і сильні, і екстремальні дощі мають вищі порогові значення. Луцьк та Любешів демонструють менш екстремальний режим, що свідчить або про меншу інтенсивність великих злив, або про більш рівномірний режим опадів. Загалом таблиця показує, що північ і північний захід області зазнають більш потужних екстремальних дощів, тоді як центрально-південна частина має більш помірну інтенсивність.

Для Волинської області аналіз високих процентилів за періодами спостережень на різних метеостанціях дозволяє порівняти інтенсивність екстремальних опадів, простежити можливі зміни їх частоти та виділити території з підвищеною схильністю до надзвичайних гідрометеорологічних подій.

У Луцьку за період 1979-1994 років характер опадів був більш рівномірним, із порівняно невисокими значеннями екстремальних процентилів (табл. 2.4). У 1995-2010 роках інтенсивність злив суттєво зросла – 99,9-й перцентиль піднявся з 36,3 до 47,0 мм, а кількість днів із такими величинами збільшилась з 0 до 3 (табл. 2.5), що вказує на появу справді сильних,

короткочасних злив. Проте в останній період 2011-2024 років, хоча екстремальність продовжила зростати (до 51,7 мм), частота сильних дощів зменшилася: для 99-го, 95-го та 90-го процентилів кількість днів із перевищеннями помітно впала. Це свідчить про зміну структури опадів – вони стали більш інтенсивними, але рідкісними, із “зливовим” режимом замість частих сильних дощів.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку 50, 75, 95, 95, 99 та 99,9 процентилей добових сум опадів на метеостанціях Волині у різні періоди

Станція	Роки	Процентиль					
		99,9	99	95	90	75	50
Луцьк	1979-1994	36,3	22,6	11,2	7,2	3,0	0,8
	1995-2010	47,0	25,7	12,5	8,3	3,8	1,1
	2011-2024	51,7	27,0	12,7	8,7	3,8	1,0
Ковель	1979-1994	50,6	26,1	14,1	9,0	4,4	1,8
	1995-2010	51,3	29,0	14,7	10,2	4,8	2,0
	2011-2024	47,0	29,1	15,0	9,9	5,0	2,0
Володимир	1979-1994	56,4	27,9	13,6	8,8	4,0	1,6
	1995-2010	57,2	30,1	14,2	9,7	4,2	1,5
	2011-2024	57,7	29,1	14,0	8,9	4,1	1,4
Маневичі	1979-1994	39,5	26,7	14,7	9,6	4,7	2,0
	1995-2010	54,6	30,7	15,5	10,2	5,1	1,8
	2011-2024	45,6	31,0	14,7	10,1	5,0	2,0
Любешів	1979-1994	58,0	25,2	12,3	8,1	3,8	1,2
	1995-2010	47,0	29,4	13,9	8,8	4,1	1,3
	2011-2024	43,7	26,0	14,0	9,0	4,0	1,3
Світязь	1979-1994	57,2	24,0	12,7	8,6	4,1	1,6
	1995-2010	50,7	27,1	13,9	9,5	4,5	1,8
	2011-2024	57,0	29,0	14,5	9,7	4,8	1,8

У Ковелі ситуація інша: у період 1979-1994 років спостерігалися досить високі значення екстремальних порогів (50,6 мм), а в 1995-2010 роках вони посилюлися ще дещо, але без різких стрибків (табл. 2.4). Частота днів із перевищенням цих рівнів майже не змінювалася – 2-3 дні (табл. 3.22). Це відображає стабільний характер зливових явищ. У 2011-2024 роках екстремальні значення дещо знизилися (47 мм), але середні сильні опади (95-й процентиль) стали інтенсивнішими. При цьому частота днів з опадами, сильнішими за порогові рівні, залишилася майже незмінною. Таким чином, Ковель демонструє стабільність опадових характеристик із незначною зміною інтенсивності, але без суттєвих коливань частоти.

Володимир вирізняється в регіоні найбільш стабільним опадовим режимом. Усі три періоди мають дуже близькі значення 99,9-го процентиля – 56,4; 57,2; 57,7 мм (табл. 2.4). Частота днів (табл. 2.5) із такими екстремумами також майже не змінилася (3-4 дні, а потім зниження до 2). Для інших процентилів спостерігаються мінімальні коливання, а різниця в кількості днів із перевищеннями між періодами є невеликою. Загалом кліматичні умови Володимира виглядають найбільш сталими: ні інтенсивність, ні частота опадів не демонструють суттєвого зростання чи зменшення.

Натомість Маневичі показують один із найдинамічніших сценаріїв. У 1979-1994 роках екстремальні опади були відносно помірними (39,5 мм), однак у 1995-2010 роках зафіксовано різке зростання 99,9-го процентиля – до 54,6 мм (табл. 2.4). Частота днів із такими екстремумами також зросла з 2 до 5, як і кількість днів із перевищенням 99-го та 95-го процентилів (табл. 2.5). У 2011-2024 роках екстремальність дещо знизилась (45,6 мм), але залишилася значно вищою, ніж у першому періоді. Частота сильних опадів стабілізувалась, утримуючись на рівні, вищому за 1979-1994 роки. Для Маневич характерна тенденція різкого підсилення опадів у 1995-2010 роках і подальше вирівнювання на підвищеному рівні.

Любешів демонструє протилежний тренд. У 1979-1994 роках спостерігалися одні з найвищих екстремальних опадів у області (58 мм). Але в

1995-2010 роках інтенсивність злив зменшилася (до 47 мм), а в 2011-2024 – ще більше (до 43,7 мм) (табл. 2.4). Частота днів з опадами понад ці рівні також впала, а для нижчих процентилів зміни були мінімальними (табл. 2.5). Отже, Любешів має чітку тенденцію до зменшення сили та частоти екстремальних дощів.

Таблиця 2.5 – Кількість днів з опадами на метеостанціях Волині більше ніж процентиль у різні періоди (R50pTOT, R75pTOT, R90pTOT, R95pTOT, R99pTOT, R99,9pTOT,)

Станція	Роки	Кількість днів з RR більше процентиля					
		99,9	99	95	90	75	50
Луцьк	1979-2024	10	91	461	929	2268	4544
	1979-1994	★ 4	★ 34	★ 164	★ 328	★ 829	★ 1648
	1995-2010	★ 4	★ 32	★ 156	★ 311	★ 780	★ 1542
	2011-2024	☆ 3	★ 28	★ 136	★ 272	★ 678	★ 1597
Ковель	1979-2024	8	75	376	744	1861	3760
	1979-1994	☆ 3	★ 27	☆ 131	★ 263	★ 667	☆ 1331
	1995-2010	☆ 3	★ 27	☆ 130	☆ 260	★ 659	☆ 1306
	2011-2024	☆ 3	☆ 23	☆ 116	☆ 227	☆ 574	☆ 1310
Володимир	1979-2024	9	82	414	826	2085	4177
	1979-1994	☆ 3	★ 29	★ 147	★ 288	★ 722	★ 1433
	1995-2010	☆ 3	★ 30	★ 147	★ 294	★ 736	★ 1474
	2011-2024	☆ 3	☆ 25	☆ 128	☆ 254	☆ 630	★ 1517
Маневичі	1979-2024	9	82	406	833	2047	4107
	1979-1994	☆ 3	★ 28	★ 138	★ 277	★ 700	☆ 1374
	1995-2010	☆ 3	★ 30	★ 150	★ 299	★ 750	★ 1492
	2011-2024	☆ 3	☆ 25	☆ 120	☆ 240	☆ 632	☆ 1410
Любешів	1979-2024	9	89	448	896	2275	4432
	1979-1994	★ 4	★ 31	★ 152	★ 307	★ 768	★ 1549
	1995-2010	★ 4	★ 33	★ 159	★ 317	★ 800	★ 1590
	2011-2024	☆ 3	★ 28	★ 134	★ 274	★ 708	★ 1594
Світязь	1979-2024	8	75	376	744	1878	3791
	1979-1994	☆ 3	☆ 26	☆ 128	☆ 259	☆ 647	☆ 1307
	1995-2010	☆ 3	★ 35	☆ 130	☆ 260	☆ 646	☆ 1303
	2011-2024	☆ 3	☆ 24	☆ 118	☆ 234	☆ 579	☆ 1306

Станція Світязь теж демонструє зниження екстремальності. У 1979-1994 роках значення 99,9-го процентиля становило 57,2 мм, у 1995-2010 – зменшилось до 50,7 мм (табл. 2.4). У 2011-2024 роках значення знову зросло (57 мм), але частота днів із такими опадами не збільшилася (стабільні 3 дні) (табл. 2.5). Для сильних, але не екстремальних дощів (99-й і 95-й процентилі) спостерігається поступове зростання інтенсивності та відносна стабільність частоти. Тобто Світязь пережив зменшення екстремальних опадів у 1995-2010 роках із подальшим поверненням інтенсивності до рівня 1980-х, але без збільшення частоти таких явищ.

Отже, процентилі добових опадів показують, що типові дощі в області слабкі (50-й процентиль 1-2 мм), помірні опади частіші у Ковелі та Маневичах, рідкісні екстремальні дощі – у Володимирі, Світязі та Маневичах (99,9-й процентиль 51–58 мм), а найменш сильні – у Луцьку та Любешеві (44-48 мм).

У більшості станцій екстремальні опади стали інтенсивнішими, у 1995-2010 роках. Частота сильних дощів змінилася нерівномірно: у Луцьку і Любешеві рідкісні, але більш інтенсивні зливи, у Маневичах і Ковелі – сильні і частіші, у Володимирі – стабільно високі значення протягом усіх періодів.

Розраховані екстремальні індекси свідчать про суттєву просторову неоднорідність режиму опадів у межах регіону. Найвищі значення індексів, що характеризують інтенсивність і внесок екстремальних дощів у загальну суму опадів (RX1day, R95pTOT, R99pTOT), притаманні північним і північно-західним пунктам спостережень, що вказує на підвищену роль короткочасних, але потужних опадів. Натомість у центрально-південних районах значення індексів є нижчими, що відображає більш помірний та рівномірний характер опадового режиму з меншою часткою екстремальних подій.

З ЦИРКУЛЯЦІЙНІ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНІ УМОВИ ПОСИЛЕННЯ ОПАДІВ у ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1 Аналіз синоптичних умов утворення сильних опадів на Волині

Зростання інтенсивності добових сум опадів у Волинській області в окремі роки було зумовлене комплексом циркуляційних чинників, серед яких провідне місце належало активній циклонічній діяльності, фронтальним процесам і меридіональним перенесенням повітряних мас.

У роки з підвищеною повторюваністю днів із сильними дощами спостерігалася серія активних циклонів, траєкторії яких пролягали через Центральну Європу, Польщу, країни Балтії та Західну Україну. Їх проходження супроводжувалося розвиненою системою атмосферних фронтів, що сприяло формуванню значних сум опадів.

Окремі періоди, зокрема у 2006 р. (рис. 3.1), характеризувалися наявністю повільно рухомих або майже стаціонарних циклонів, що тривалий час утримувалися над регіоном.

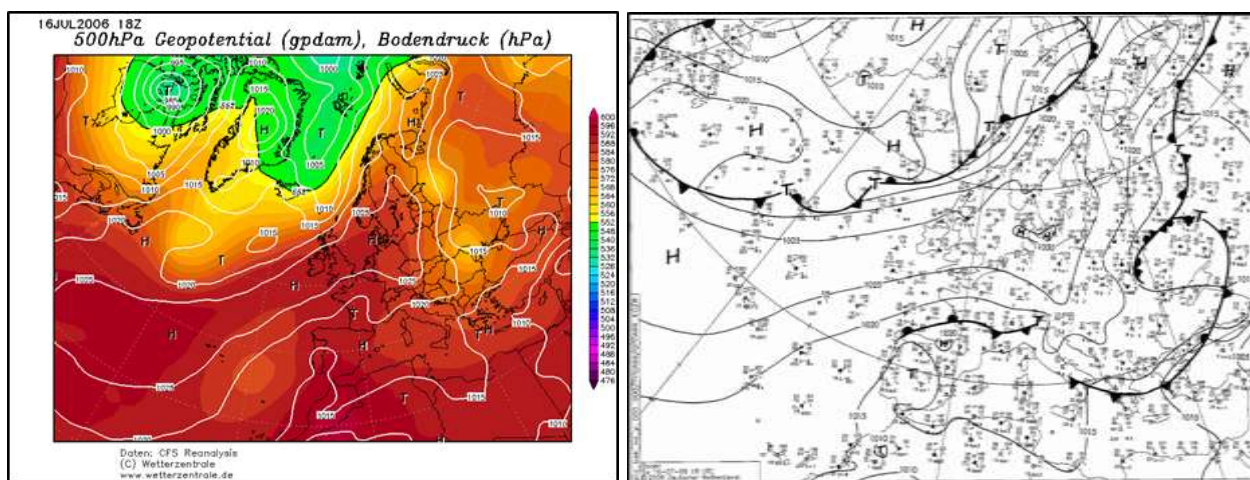


Рисунок. 3.1 - Синоптичні карти 16 липня 2006 р.

Такі умови сприяли накопиченню вологи в атмосфері та виникненню багатоденних злив, особливо за участі середземноморських циклонів, які виходили на територію України через Балканський регіон.

Важливу роль у формуванні інтенсивних опадів відігравала активізація атмосферних фронтів, передусім холодних і фронтів оклюзії [7, 13, 14]. За умов тривалого фронтального процесу відбувалося інтенсивне підняття теплих і вологих повітряних мас, що зумовлювало випадання значної кількості опадів за короткий проміжок часу.

Аналіз повторюваності синоптичних ситуацій під час сильних опадів на станціях Волинської області свідчить про виражену залежність інтенсивних дощів від типу циклону та баричних систем (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Повторюваність (к.в.) синоптичної ситуації в період формування сильних опадів на станціях Волині

Метеорологіч на станція	Синоптична ситуація					
	Південний циклон та його улоговини	Західний циклон та його улоговини	Північно- західні циклони та їх улоговини	Поле знижено го тиску	Поле підвище ного тиску	Південна периферія антицикло ну
30-49 мм/12 год						
Луцьк	11	8	8	2	3	0
Ковель	17	10	17	0	1	3
Володимир	21	9	10	12	8	0
Маневичі	27	5	10	13	17	0
Любешів	17	4	14	7	15	0
Світязь	15	6	14	4	1	0
≥ 50 мм/12 год						
Луцьк	3	1	2	0	1	0
Ковель	5	1	1	0	1	1
Володимир	11	1	2	2	1	0
Маневичі	7	1	1	0	0	0
Любешів	4	0	0	1	4	0
Світязь	4	3	0	0	2	1

Для добових сум опадів 30-49 мм/12 год найбільш частими були південні циклони та їх улоговини, особливо у Маневичах (27 випадків), Володимирі (21) та Ковелі (17), що свідчить про суттєвий вплив південних повітряних мас з акваторій Чорного моря та Балканського регіону.

Західні циклони проявлялися меншою мірою, але теж мали значний вплив у Луцьку (8 випадків), Ковелі (10) та Володимирі (9), тоді як у Маневичах їх вплив був слабкішим.

Північно-західні циклони спричиняли помірні опади переважно на Ковелі та Луцьку, проте на інших станціях їх повторюваність була невисокою. Баричні поля зниженого та підвищеного тиску відігравали другорядну роль: поле зниженого тиску фіксувалося у 12-13 випадках на окремих станціях, поле підвищеного тиску – у 15-17 випадках, тоді як південна периферія антициклону мала мінімальний вплив і проявлялася лише у кількох випадках на Ковелі, Любешеві та Світязі.

Таким чином, для формування помірно сильних дощів (30-49 мм/12 год) вирішальним чинником були активні південні та західні циклони, тоді як антициклональні поля мали незначний вплив (рис. 3.2).

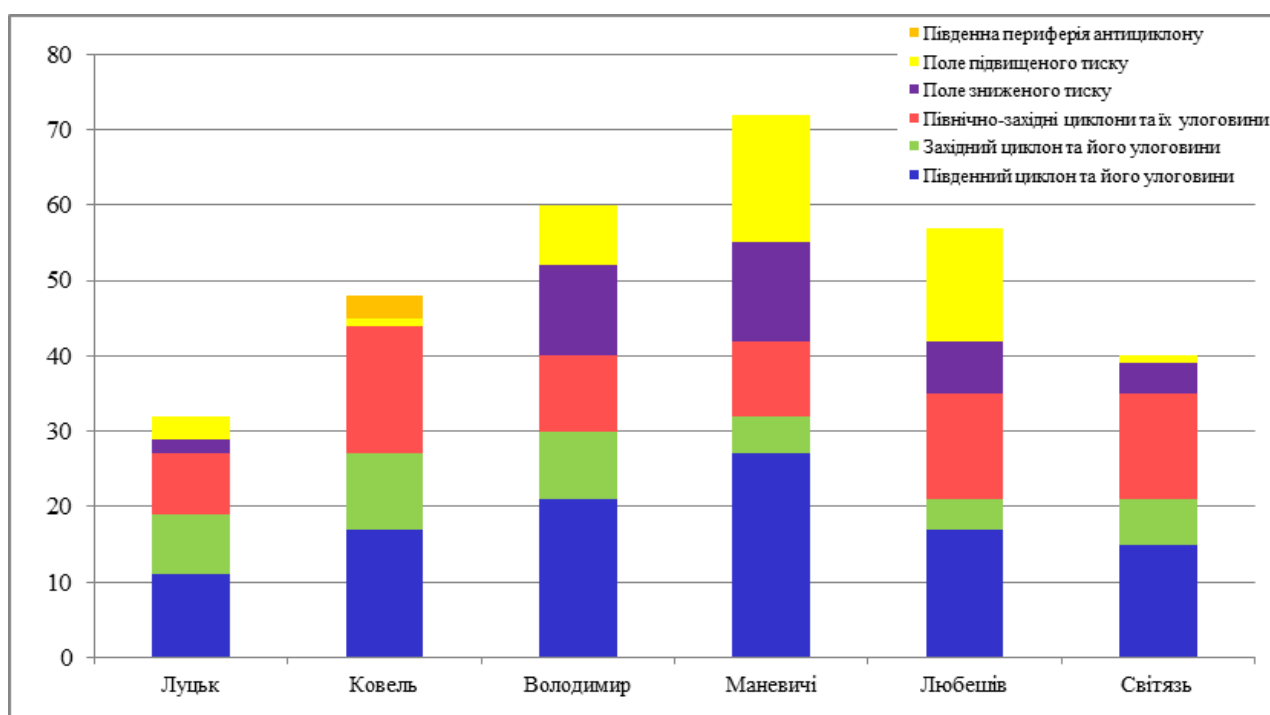


Рисунок 3.2 - Повторюваність синоптичних ситуацій (30-49 мм/12 год)

При виникненні сильних опадів (≥ 50 мм/12 год) домінували південні циклони (рис. 3.3), особливо у Володимирі (11 випадків), Ковелі (5) та Маневичах (7), що свідчить про значний внесок повільно рухомих або стаціонарних південних систем у формування екстремальних дощів. Західні та північно-західні циклони мали обмежений вплив, зафіксовано лише по 1-3 випадки на станціях.

Баричні поля зниженого та підвищеного тиску також рідко сприяли надзвичайним опадам, з максимумом 2-4 випадки, а південна периферія антициклону проявлялася лише поодинокими випадками

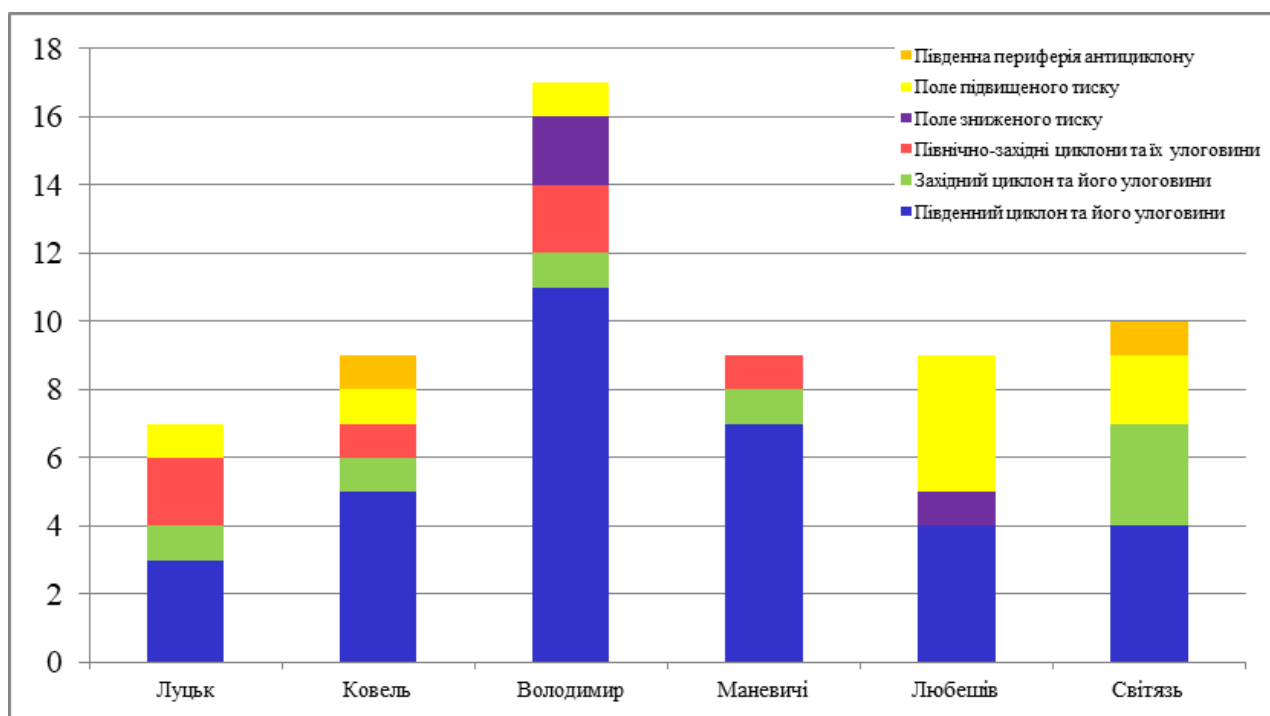


Рисунок 3.3 - Повторюваність синоптичних ситуацій при сильних опадах на станціях Волинської області (≥ 50 мм/12 год)

Загалом на території Волинської області формування сильних і надзвичайно сильних опадів переважно пов'язане з активністю південних та, у меншій мірі, західних циклонів, тоді як вплив північно-західних систем, баричних полів та периферії антициклону є другорядним. Це підтверджує важливість врахування траєкторій південних циклонів та їх баричної структури для прогнозування добових сум опадів у регіоні.

Аналіз повторюваності синоптичних ситуацій під час сильних опадів у Волинській області за різні періоди (табл. 3.2) показує, що характер опадоутворюючих систем суттєво змінювався протягом часу. Для добових сум 30–50 мм/12 год протягом 1979–1990 рр. найчастішими були північно-західні циклони та їх улоговини (18 випадків), а також південні (15) і західні (12) циклони. Баричні поля зниженого та підвищеного тиску мали менш виражений вплив (2 і 7 випадків відповідно), а південна периферія антициклону практично не спостерігалася.

Таблиця 3.2 - Повторюваність (к.в.) синоптичної ситуації в період формування сильних опадів в Волинській області

Роки	Синоптична ситуація					
	Південний циклон та його улоговини	Західний циклон та його улоговини	Північно-західні циклони та їх улоговини	Поле зниженого тиску	Поле підвищеного тиску	Південна периферія антициклону
30-50 мм/12 год						
1979-1990	15	12	18	2	7	0
1991-2020	86	26	50	33	31	3
2021-2024	7	4	5	3	7	0
1979-2024	108	42	73	38	45	3
≥50 мм/12 год						
1979-1990	9	1	0	0	1	0
1991-2020	24	4	6	3	7	1
2021-2024	1	2	0	0	1	0
1979-2024	34	7	6	3	9	2

У період 1991-2020 рр. повторюваність опадоутворюючих південних циклонів значно зросла (86 випадків), західних – до 26, північно-західних – до 50. Водночас зросла роль баричних полів: поле зниженого тиску фіксувалося у 33 випадках, підвищеного тиску – у 31 випадку, південна периферія

антициклону проявилася у 3 випадках. Це свідчить про посилення впливу активних циклонів і баричних систем на формування помірно сильних дощів у більш сучасний період. У 2021-2024 рр. повторюваність залишалася невисокою (південні циклони – 7, західні – 4, північно-західні – 5), що пояснюється коротким періодом спостережень, тоді як сумарно за 1979-2024 рр. домінували південні циклони (108 випадків), північно-західні – 73, західні – 42, баричні поля зниженого і підвищеного тиску – 38 і 45 випадків відповідно, південна периферія антициклону – 3 випадки.

Для добових сум ≥ 50 мм/12 год найбільш частими були південні циклони. У 1979-1990 рр. їх зафіксовано 9 разів, у 1991-2020 рр. – 24 випадки, а у 2021-2024 рр. – 1 випадок. Західні та північно-західні циклони мали незначний вплив, лише поодинокі випадки. Баричні поля зниженого та підвищеного тиску проявлялися рідко (максимум 7 випадків у 1991-2020 рр.), а південна периферія антициклону мала мінімальне значення – по 1-2 випадки за весь період спостережень. Загалом аналіз показує, що надзвичайно сильні опади на території Волині формуються переважно під впливом південних циклонів, тоді як інші синоптичні системи мають обмежене значення.

Отже, порівняння різних періодів демонструє тенденцію до зростання ролі південних циклонів та баричних полів у формуванні помірно сильних опадів у другій половині XX – на початку XXI століття, тоді як екстремальні випадки опадів залишаються переважно пов'язаними з активністю південних циклонічних систем.

Аналіз повторюваності напрямку висотного потоку на рівні 500 гПа є доречним для встановлення умов посилення опадів як додатковий (діагностичний) показник, який слід поєднувати з аналізом процесів циклогенезу та вологонадходження. Ця інформація пояснює “транспорт” синоптичних систем: напрямок потоку на 500 гПа добре відображає, звідки і куди переміщуються висотні улоговини, фронтальні зони та циклони (типові “траси” штормових систем). Але сам напрямок потоку на 500 гПа не гарантує

сильних опадів — потрібні ще вологість/потоки вологи, фронтальна структура та умови нестійкості.

Розподілення по румбах напрямку висотного потоку на рівні 500 гПа під час днів із сильними опадами (≥ 30 мм/12 год) у Волинській області за період 1979-2024 рр. демонструє чіткі закономірності в циркуляції середньої тропосфери (рис. 3.4). Для добових сум 30-50 мм/12 год у 1979-1990 рр. домінували південні (табл. 3.3) та південно-західні потоки (18 та 14 випадків відповідно), що свідчить про надходження теплого й вологого повітря з регіонів Чорного моря та Балкан. Західний потік проявлявся рідше (6 випадків), північно-західний та північний потоки фіксувалися поодинокими випадками, а східні та південно-східні напрямки реєструвалися 3-6 разів.

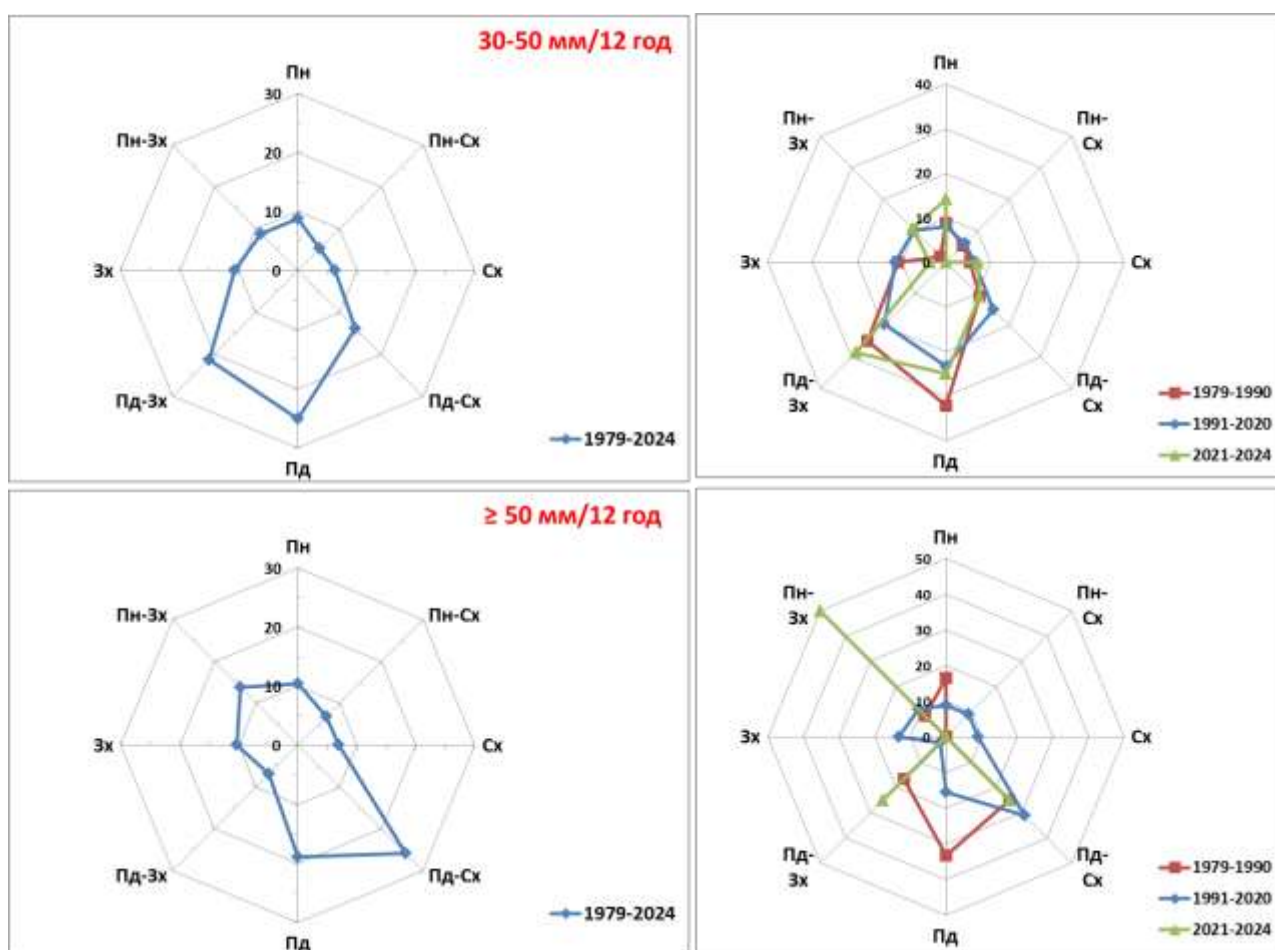


Рисунок 3.4 - Повторюваність (%) напрямку потоку на рівні 500 гПа під час опадів 30-49 мм/12 год і ≥ 50 мм/12 год на станціях Волинської області

Таблиця 3.3 - Повторюваність (к.в.) напрямку висотного потоку на рівні 500 гПа, при якому спостерігалися сильні опади (≥ 30 мм/12 год) у Волинській області з 1979 по 2024 рр.

Період, рр.	Напрямок потоку на 500 гПа							
	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх
30-50 мм/12 год								
1979-1990	18	14	6	1	5	3	3	6
1991-2020	55	46	27	24	19	14	15	35
2021-2024	7	8	1	3	4	0	2	3
1979-2024	80	68	34	28	28	17	20	44
≥ 50 мм/12 год								
1979-1990	4	2	0	1	2	0	0	3
1991-2020	7	1	6	5	4	4	4	14
2021-2024	0	1	0	2	0	0	0	1
1979-2024	11	4	6	8	6	4	4	15

У 1991-2020 рр. повторюваність потоків значно зросла у всіх напрямках, особливо для південного (55 випадків) та південно-західного (46) потоків, що підтверджує активну роль південних систем у формуванні сильних опадів. Значною мірою проявлялися також південно-східні потоки (35 випадків), західні (27) та північно-західні (24). Напрями північних, північно-східних та східних потоків спостерігалися меншою мірою, проте мали суттєвий внесок у формування добових сум 30–50 мм. У 2021-2024 рр. повторюваність залишалася невисокою через короткий період спостережень, але тенденції зберігалися: південний та південно-західний потоки залишалися провідними, а північно-західні та східні напрямки реєструвалися поодинокими випадками.

Загалом за 1979-2024 рр. найбільше випадків посилення опадів спостерігалось при південному переносі (80), південно-західному (68) та південно-східному (44), що підкреслює ключову роль південних компонент висотної циркуляції у формуванні сильних дощів на Волині.

При більш інтенсивних опадах (≥ 50 мм/12 год) 1979-1990 рр. переважали південні (4 випадки) та південно-східні (3) потоки, тоді як інші напрямки проявлялися поодинокими випадками. У 1991-2020 рр. спостерігався дещо більш рівномірний розподіл, проте південний потік залишався провідним

(7 випадків), значною мірою проявлялися також південно-східні (14) та західні потоки (6). У 2021-2024 рр. сильні опади спостерігалися лише епізодично, головним чином за участю південного або південно-західного потоку.

Загалом за 1979-2024 рр. домінували південний (11 випадків) та південно-східний (15) напрямки, а інші напрями проявлялися рідше (4-8 випадків).

Таким чином, аналіз висотної циркуляції показує, що формування сильних опадів у Волинській області переважно пов'язане з південними та південно-західними потоками на рівні 500 гПа, що забезпечує надходження теплого і вологого повітря з акваторій Чорного та Східного Середземномор'я. Інші напрямки потоку, включно з північними та східними, мають другорядне значення, хоча іноді сприяють локальній інтенсивності опадів у регіоні.

Аналіз повторюваності синоптичних ситуацій та напрямків висотної циркуляції під час сильних і надзвичайно сильних опадів (≥ 30 мм/12 год) у Волинській області за період 1979-2024 рр. свідчить про провідну роль південних і південно-західних систем. На рівні приземної циркуляції (табл. 3.1-3.2) домінували південні циклони та їх улоговини, що особливо проявлялося на станціях Маневичі, Володимир і Ковель та у період 1991-2020 рр., коли спостерігалася максимальна повторюваність сильних опадів. Західні циклони також відігравали помітну роль, тоді як північно-західні системи та баричні поля зниженого або підвищеного тиску мали другорядне значення, а південна периферія антициклону проявлялася поодинокими випадками. Більш сильні опади (≥ 50 мм/12 год) формувалися переважно під впливом південних циклонів, тоді як участь інших синоптичних систем залишалася обмеженою.

Таким чином, на Волині формування добових сум опадів понад 30 мм найчастіше асоціюється з активністю південних і південно-західних циклонів, а також відповідними висотними потоками, що підкреслює важливість

врахування баричної структури та траєкторій циклону для прогнозування інтенсивних і екстремальних опадів у регіоні.

3.2 Причини виникнення надзвичайних опадів у Луцьку 30 липня 2013 р.

Упродовж періоду спостережень 1979-2024 рр. зафіксовано випадок СМЯ III рівня небезпечності [10] – о 16.00-17.00 30 липня 2013 року в м. Луцьк, коли кількість опадів становила 122 мм, що склало 160 % від кліматичної норми липня [8], та це був рекорд з 1940 р.

У третій декаді липня 2013 р. над центральними районами Європи активізувалося надходження спекотних і сухих повітряних мас із північних районів Африки. Внаслідок цього з 27 липня на території України встановилася аномально висока температура повітря (31-33 °C), яка 29 липня 2013 р. призвела до перевищення абсолютного максимуму температури для цієї дати (33,1 °C). Одночасно над акваторією Атлантичного океану відбувалося вторгнення холодних повітряних мас з північних широт, що спричинило загострення баричних і термічних контрастів у західній частині Європи.

У результаті взаємодії цих повітряних мас над Західною Європою сформувався активний холодний фронт, який поступово зміщувався у східному напрямку. 30 липня над Балтикою і територією Польщі утворився циклон, з яким був пов'язаний холодний фронт з хвилями та передфронтальна лінія нестійкості. У другій половині дня 30 липня їх проходження зумовило розвиток потужної грозової діяльності та випадіння надзвичайних опадів. У місті Луцьк фронтальна система проходила поблизу вершини хвилі холодного фронту, що створило умови для тривалого й дуже інтенсивного дощу.

На рівні 850 гПа спостерігався значний температурний градієнт між теплими та холодними повітряними масами, що сприяв активному переміщенню повітря через фронтальну зону. Західніше України переважав теплий сектор циклону з температурами близько +20 °C на рівні 850 гПа, тоді

як на північному заході фіксувалися значно нижчі температури. Такий контраст створював сприятливі умови для інтенсифікації фронтальних процесів і подальшої регенерації циклону.

Висока вологість повітря на рівні 850 гПа у поєднанні з високими температурами в нижніх шарах атмосфери призвела до формування насиченої і нестійкої повітряної маси, що забезпечило розвиток потужної хмарності та сприяло інтенсивним опадам.

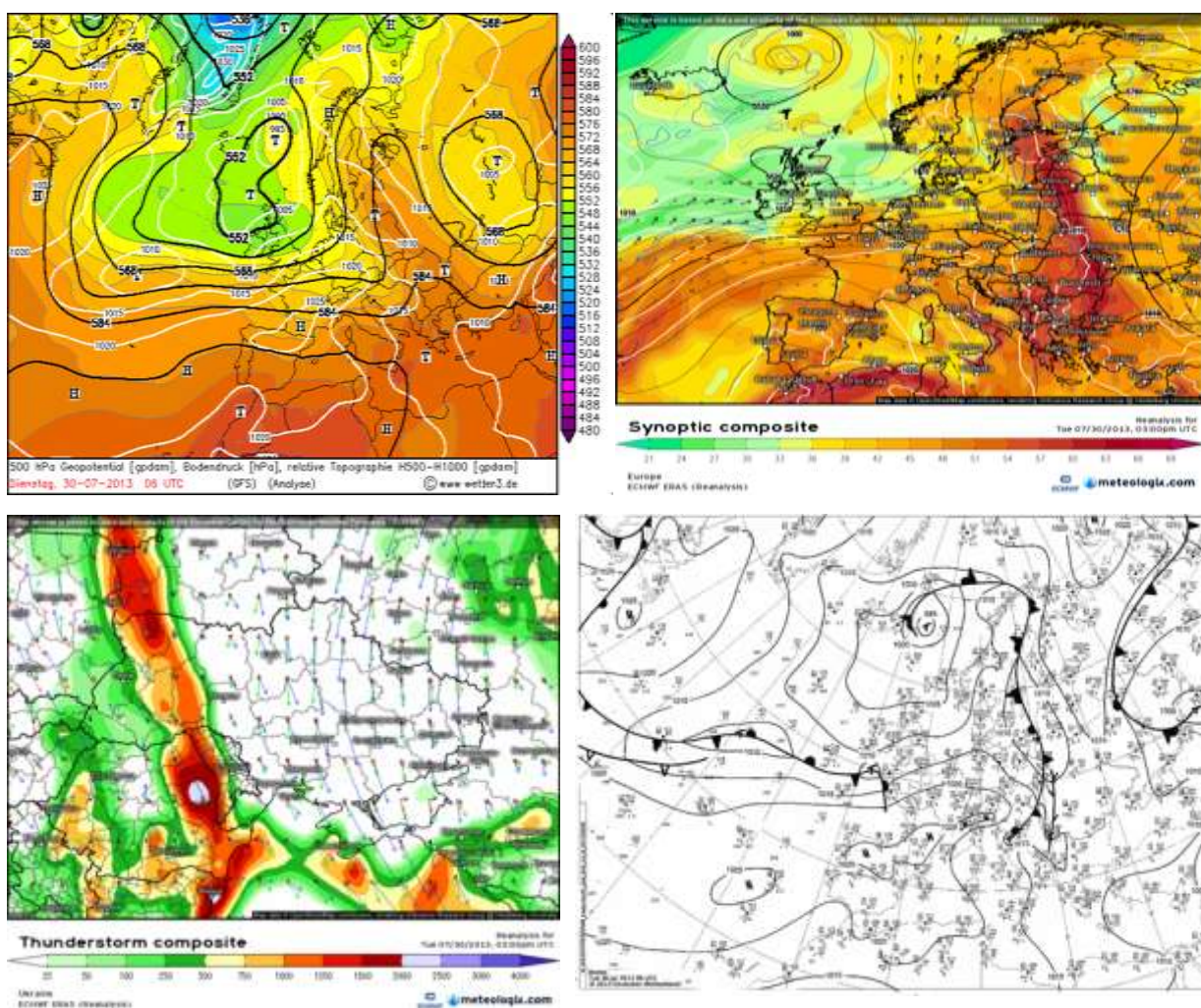


Рисунок 3.5 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ 500/1000, відносна вологість (%), та кількість опадів (мм). [30, 31]

На рівні 700 гПа простежувалася активна атмосферна циркуляція: у центральних і південно-західних районах України проходив холодний фронт, який був складовою обширної області зниженого тиску. Унаслідок цього

відбувався інтенсивний підйом теплих і вологих повітряних мас із південного заходу, що додатково посилювало конвективні процеси.

На рівні 500 гПа спостерігалася виражена атмосферна нестійкість. Теплий і вологий повітряний потік у нижніх шарах атмосфери (850 гПа) взаємодіяв з холоднішими повітряними масами у середній тропосфері, що призводило до різкого зменшення статичної стійкості атмосфери. Це викликало інтенсивні вертикальні рухи та сприяло розвитку потужних купчасто-дощових хмар. Висота цих хмар досягала 15–18 км, а температура верхньої межі знизилася до -65°C (рис. 3.6), що зумовило випадіння дуже сильних зливових опадів, які супроводжувалися грозами.

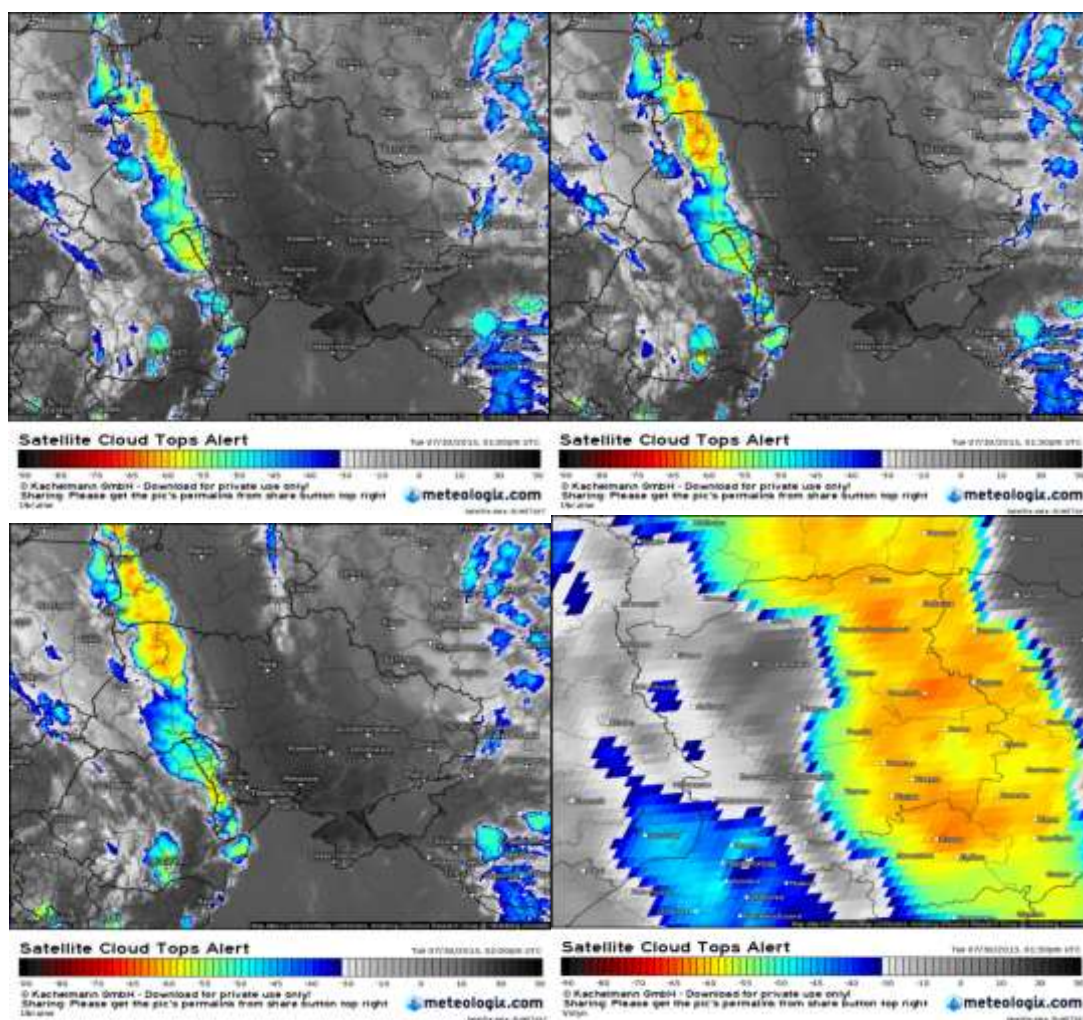


Рисунок 3.6 – Температури верхньої межі хмарності (top cloud temperature, $^{\circ}\text{C}$) з 13.00 по 14.00 UTC, 30 липня 2013 р. [31]

Над регіоном сформувалася витягнута квазістаціонарна зона глибокої конвекції, пов'язана з холодним атмосферним фронтом, який орієнтований з півночі на південь і повільно зміщується, що призвело до тривалого перебування Волині в зоні інтенсивних висхідних рухів повітря.

Супутникові зображення фіксують дуже низькі температури вершин хмар (до $-60 \dots -70$ °C), що свідчить про розвиток потужних купчасто-дощових хмар (Cb) із добре розвиненою вертикальною структурою. Такі хмари характерні для мезомасштабних конвективних систем і здатні генерувати зливи, місцями екстремальні опади.

Ключову роль відіграла адвекція теплого та вологого повітря з півдня і південного заходу в приземному та середньому шарах атмосфери, яка забезпечила високий вміст водяної пари й нестійку стратифікацію. На тлі цього в середній тропосфері спостерігався сприятливий південно-східний напрямок висотного потоку, що підтримував організацію та регенерацію конвективних осередків.

За допомогою ресурсу ThunderR [32] отримані аерологічні діаграми, що побудовані за даними реаналізу ERA 5 для пункту Луцьк ($50^{\circ}44'52''$ N, $25^{\circ}19'28''$ E) для випадку надзвичайних опадів, коли 30 липня 2013 р. інтенсивність опадів досягла 122 мм/12 год., що відповідає червоному рівню метеорологічної небезпеки СМЯ ІІІ.

На початковому етапі аналізу (12.00 UTC) атмосфера вже перебувала у потенційно нестійкому стані (рис. 3.7). Значення енергії нестійкості CAPE змінювалися від 260–270 Дж/кг (SB) і до ~ 380 Дж/кг (MU), що вказує на наявність енергії для розвитку конвекції, однак її реалізація стримувалась помірною конвективною інгібіцією ($CIN \approx -5 \dots -8$ Дж/кг). Рівень конденсації (LCL) був низьким (1000–1100 м), що вказує на добре зволожений приземний шар. Вертикальний зсув вітру був слабо-помірним (0–6 км ≈ 6 –7 м/с), достатнім для організації багатоклітинної конвекції, але ще недостатнім для глибоко організованих структур.

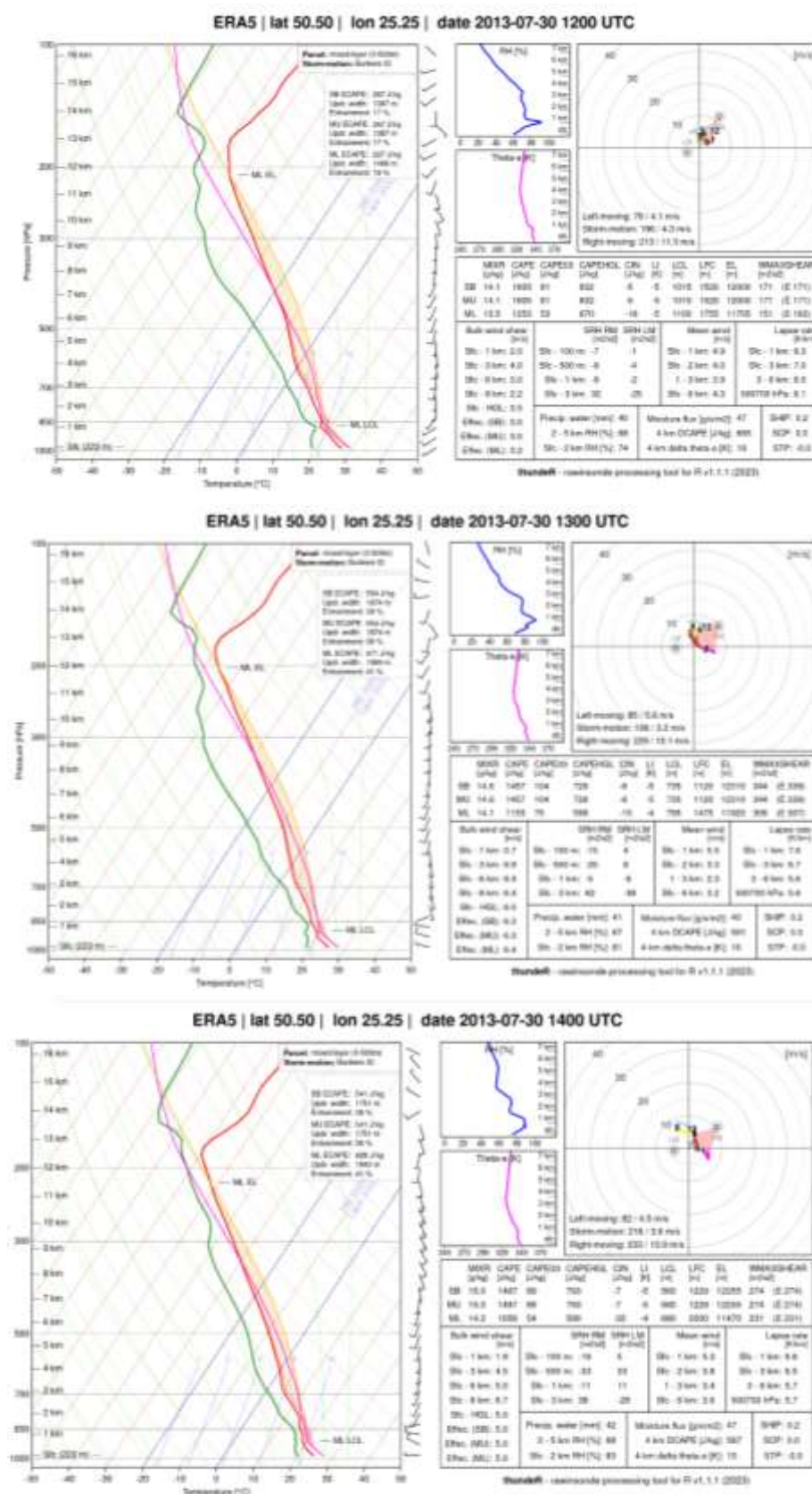


Рисунок 3.7 – Аерологічна діаграма і годограф вітру за даними реаналізу [32]
з 12.00 по 14.00 UTC, 30 липня 2013 р.

Впродовж години (13.00 UTC) відбувається різке посилення нестійкості: CAPE зростає до 550–850 Дж/кг, а CIN майже зникає, що означає зняття термічного «ковпака» і перехід до активної глибокої конвекції. Одночасно зростає вологовміст атмосфери ($PW \sim 41$ мм), що створює сприятливі умови для інтенсивних злив. Вертикальний зсув у шарі 0–6 км збільшується до 6–7 м/с, а у нижніх шарах з'являється слабка–помірна кривизна вітрового профілю, що сприяє тривалості конвективних осередків і їх регенерації.

О 14:00 UTC конвекція досягає стадії зрілості. Значення CAPE утримуються на рівні ~ 500 –550 Дж/кг, LCL залишається низьким, а вміст вологи в шарі 0–3 км залишається дуже високим, що є ключовою умовою формування сильних і тривалих опадів. Профіль температури і точки роси демонструє глибокий вологий шар до середніх рівнів тропосфери, а відсутність значної CIN підтримує безперервний розвиток конвективних хмар. Такі умови сприяли переходу від окремих осередків до квазілінійної системи злив, що узгоджується з супутниковими спостереженнями холодних вершин хмар над Волинню.

Отже, надзвичайні опади у Луцьку 30 липня 2013 р. були зумовлені поєднанням різкого температурного і баричного контрасту, надходженням теплої й вологої повітряної маси з південного заходу та активною фронтально-циклонічною діяльністю. Інтенсивний вертикальний розвиток хмарності та конденсація водяної пари в умовах глибокої атмосферної нестійкості стали основною причиною формування надзвичайно сильних опадів. В період 12:00–14:00 UTC над Волинською областю відбувся перехід від умов потенційної нестійкості до активної глибокої конвекції, зумовлений зростанням CAPE, зняттям CIN, високим вмістом вологи та наявністю помірного вертикального зсуву вітру, що в сукупності призвело до розвитку інтенсивних злив.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаного дослідження можна зробити такі висновки:

1. На території Волинської області за даними реаналізу ERA 5 спостерігається зростання температури повітря з однаковою інтенсивністю у 1979-2024 рр., але у Луцьку сильніше. На метеостанціях Луцьк, Ковель і Маневичі простежується тенденція до помітного зменшення кількості опадів, тоді як на метеостанціях Володимир, Любешів і Світязь режим опадів має відносно рівномірний характер упродовж усього досліджуваного періоду.

2. Виявлене на станціях Волинській області за 1979–2024 рр. значну міжрічну мінливість річної суми опадів на тлі загальної тенденції до зростання зволоження, особливо після 1990–2000-х років. Найбільш виражене підвищення річних сум і варіабельності опадів характерне для поліських станцій (Маневичі, Ковель, Любешів), тоді як у південних районах (Луцьк, Володимир) тренд слабший, але контрастність вологих і посушливих років зростає.

3. У середньому по області за рік реєструвалося близько 8,4 дня з добовою сумою опадів понад 30 мм. Найінтенсивніші опади у Волинській області спостерігалися у 1991 та 2013 рр.

4. Аналіз індексів RX1day та R30mm показав зростання ролі сильних опадів у сучасному кліматі Волинської області з 2000-х років. Найвищі значення інтенсивності та повторюваності таких опадів характерні для поліських районів, тоді як на півдні області вони проявляються слабше.

5. Екстремальні кліматичні індекси вказують на суттєву просторову неоднорідність режиму опадів у межах регіону. Найвищі значення індексів, що характеризують інтенсивність і внесок екстремальних дощів у загальну суму опадів (RX1day, R95pTOT, R99pTOT), притаманні північним і північно-західним пунктам спостережень, що вказує на підвищену роль короточасних, але потужних опадів.

6. Визначальну роль у формуванні сильних опадів у Волинській області мають південні циклони та їх улоговини, особливо для опадів з інтенсивністю ≥ 50 мм/12 год. Західні та північно-західні циклони, а також баричні поля зниженого й підвищеного тиску переважно зумовлюють помірні опади. У період з 1979 по 2024 рр. простежується зростання ролі південних циклонів у формуванні інтенсивних дощів, що підкреслює необхідність їх урахування в оперативному прогнозі опадів у регіоні.

7. Формування сильних опадів у Волинській області переважно відбувалося при південних та південно-західних потоках на рівні 500 гПа, що забезпечувало надходження теплого і вологого повітря з акваторій Чорного та Східного Середземномор'я.

8. Надзвичайні опади у Луцьку 30 липня 2013 р. виникли через надходження теплої й вологої повітряної маси на тлі різкого термобаричного контрасту, проходження холодного фронту та створення витягнутої квазістаціонарної зони глибокої конвекції. У період 12:00–14:00 UTC відбулося швидке посилення глибокої конвекції внаслідок зростання доступної потенційної енергії конвекції та зняття конвективного гальмування, за умов високого вмісту вологи й помірного вертикального зсуву вітру, що призвело до розвитку інтенсивних зливових опадів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балабух В.А., Лавриненко О.М., Ягодинець С.М., Малицька Л.В., Базалєєва Ю.О. Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості // Системи контролю навколишнього середовища: Зб. наук. пр. МГІ НАН України, 2013, 19. С. 189-198.,
2. Балабух В. О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, 2008. Вип. 257. С. 61-72.
3. Боярин, М.В., Нетробчук, І.М., Волошин, В.У. «Вплив метеорологічних умов на рівень забруднення атмосфери ландшафтів Волинської області» // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія "Екологія", 2016, № 15.
4. Волинська обласна державна адміністрація. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2021 рік. Луцьк, 2022. 203 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Volynska-ODA-2021.pdf>
5. Волинський обласний центр з гідрометеорології. Офіційна інформація про розташування метеорологічних станцій Волинської області: Луцьк, Володимир-Волинський, Ковель, Любешів, Маневичі, Світязь. Луцьк: Луцька міська рада, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.lutskrada.gov.ua/static/content/files/f/nd/d3nwdbtegjzkvl4eldpgwrnzolmtmndf.pdf>
6. Гус Я. П, Семергей-Чумаченко А. Б. Режим та циркуляційні умови посилення опадів у Волинській області // Матеріали до 81-ої звітної студентської наукової конференції ОНУ імені І. І. Мечникова. Секція «Гідрометеорологія і екологія», 10-17 квітня 2025. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. С. 369-370.

7. Івус Г. П., Озимко Р. Р., Агайар Е. В., Міщенко Н. М., Семергей-Чумаченко А. Б. Циркуляційні умови формування сильних опадів на Закарпатті взимку // Український гідрометеорологічний журнал. 2018. № 22. С. 28-35.
8. Кліматичний кадастр України. Київ: Центр. геофізична обсерваторія, 2005. С.85-104.
9. Клімат України Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
10. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3, частина 1: Метеорологічні спостереження на станціях / Державна гідрометеорологічна служба. К.: Ніка-Центр. 2011. 279 с.
11. Природа Волинської області. За ред. Геренчука К.І. Видавниче об'єднання «Вища школа». Вид-во про Львівському ун-ті, 1975, 147 с.
12. Рудницький, С. Коротка географія України. Ч. 1. Фізична географія. Львів, 1910. 312 с.
13. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. К.: Ніка-Центр, 2006, 312 с.
14. Семергей-Чумаченко А. Б., Слободяник К. Л. Просторово-часовий розподіл сильних опадів над Україною протягом 1979-2019 рр. за даними реаналізу ERA5 // Український гідрометеорологічний журнал, 2020. № 26. С. 50-59. <https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020>
15. Тарасюк Н. А., Тарасюк Ф. П. Регіональні дослідження сучасного клімату Волині // Актуальні проблеми країнознавчої науки. Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція. 06.11.2016.
16. Тарасюк Ф. П., Тарасюк Н. А. Режим хмарності Шацького національного природного парку // Наук. вісн. ВНУ ім. Лесі Українки. Серія : Географічні науки. 2009. № 1. С. 36–42.

17. Хохлов В. М., Боровська Г. О., Уманська О. В., Тенетко М. С. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату. Український гідрометеорологічний журнал. 2016. № 17. С. 31-37.
18. Agayar E. Precipitation extremes in the Ukraine: dynamical aspects, large-scale circulation and moisture sources, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023, EGU23-2647, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-2647>.
19. Agayar Ellina, Aemisegger Franziska, Armon Moshe, Scherrmann Alexander, and Wernli Heini. Precipitation extremes in Ukraine from 1979 to 2019: climatology, large-scale flow conditions, and moisture sources // Natural Hazards and Earth System Sciences, 2024, Volume 24, issue 7, p. 2441–2459. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-2441-2024>.
20. Bohushenko A., Khomenko I., Stepanenko S. Climate variability, trends and extreme events in Ukraine. EGU General Assembly 2023, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-12175>.
21. Indices of extremes. <https://www.ecad.eu/indicesextremes/> (дата звернення: 20.11.2024)
22. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA, 3056 pp., <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
23. Khomenko, I. and Tootoonchi, R.: A Study on Heavy Rainfall and Flash Floods Using Different Climate Toolboxes, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-12534, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-12534>.
24. Meteoblue. Кліматичні зміни в м. Луцьк, Волинська область, Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/climatemodelled/lutsk_ukraine_702569 (дата звернення: 13.11.2025).

25. Meteoblue. Кліматичні зміни в м. Володимир-Волинський, Волинська область, Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/change/volodymyr-volynskyi_ukraine_689378 (дата звернення: 13.11.2025).

26. Meteoblue. Кліматичні зміни в м. Ковель, Волинська область, Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/change/kovel_ukraine_704617 (дата звернення: 13.11.2025).

27. Meteoblue. Кліматичні зміни в смт Любешів, Волинська область, Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/change/liubeshiv_ukraine_702469 (дата звернення: 13.11.2025).

28. Meteoblue. Кліматичні зміни в смт Маневичі, Волинська область, Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/change/manevychi_ukraine_701906 (дата звернення: 13.11.2025).

29. Meteoblue. Кліматичні зміни в смт Світязь, Волинська область, Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/change/svitiaz_ukraine_692039 (дата звернення: 13.11.2025).

30. Wetter3.de. Архів моделі GFS (глобальна чисельна модель прогнозу погоди) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html (дата звернення: 20.11.2025).

31. Meteologix. Дані реаналізу ECMWF ERA5: синоптична композиція над територією України станом на 30.07.2013 р., 15:00 UTC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meteologix.com/ua/reanalysis/ecmwf-era5/ukraine/synoptic-composite/20130730-1500z.html> (дата звернення: 20.11.2025).

32. http://rawinsonde.com/ERA5_Europe/ (дата звернення 20.11.2025 р.)

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
на кваліфікаційну роботу магістра II курсу гр. ММ-24
Факультету гідрометеорології і екології ОНУ імені І. І. Мечникова

Гус Яна Павлівна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи:
Сильні та небезпечні опади у Волинській області

Кваліфікаційна робота магістра виконана в рамках науково-дослідної роботи «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною» (2025-2029 рр.) ДР № 0125U000647).

Попередні результати дослідження були апробовані на щорічній студентської наукової конференції ОНУ імені І.І. Мечникова [6].

Завідувач кафедри
метеорології та кліматології

Прокоф'єв О. М.