

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОЗИМКО РУСЛАН РУСЛАНОВИЧ

Прим. № _____
УДК 551.577.1551.589.1

ДИСЕРТАЦІЯ

СИЛЬНІ ТА НАДЗВИЧАЙНІ ОПАДИ У ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ

103 Науки про Землю

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Р.Р. Озимко

Науковий керівник: Семергей-Чумаченко А.Б., кандидат географічних наук,
доцент

Одеса – 2020

АНОТАЦІЯ

Озимко Р.Р. Сильні та надзвичайні опади у Закарпатській області. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 «Науки про Землю». – Одеський державний екологічний університет, Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2020.

Дисертацію присвячено визначенню просторово-часового розподілу, циркуляційних та термодинамічних умов формування сильних і надзвичайних опадів на території Закарпатської області протягом 1990-2019 рр.

Охарактеризовані фізико-географічні умови регіону дослідження з боку можливості їх впливу на збільшення надзвичайних ситуацій гідрометеорологічного походження у Закарпатті на фоні кліматичних змін. Виявлені особливості складної взаємодії радіаційних умов, циркуляції атмосфери та орографії, що формують клімат області.

Узагальнено, як змінювалися з 1966 по 2019 рр. кількісні критерії атмосферних опадів, які своєю інтенсивністю, районом поширення, тривалістю могли завдати або завдали значних збитків галузям економіки та населенню.

Проаналізовані сучасні методи інтерпретації метеорологічних даних щодо сильних та надзвичайних опадів. Розглянуто основні методи та методики обробки та аналізу метеорологічної інформації, стосовно стихійних явищ погоди, в різних країнах світу.

Проведений збір інформації метеорологічних станцій, гідрологічних та метеорологічних постів Закарпатської області, створена база даних щодо сильних та надзвичайних опадів за період 1990-2019 рр., яка включає 32 пункти спостережень Закарпатської та 1 пункт спостережень Івано-Франківської областей, які відносяться до Державної гідрометеорологічної мережі спостережень.

Визначений сучасний просторово-часовий режим сильних та надзвичайних дощів і снігопадів, проведений статистичний аналіз їх основних показників. Виявлена часова динаміка сильних та надзвичайних опадів в розрізі років, сезонів та місяців, як загалом. З'ясовано, що найбільш дощовими були перше та друге десятиріччя ХХІ ст., коли сильні дощі випадали кожного року на значних площах. Окремо проаналізовано сильні та надзвичайні опади у фазовому розподілі та по категоріям СМЯ, та визначено збільшення повторюваності сильних та надзвичайних опадів, яке найкраще виражено в гірській частині Закарпатської області.

Картографування просторового розподілу сильних та надзвичайних опадів здійснено програмним пакетом Surfer 15 з використанням проєкції Меркатора та системи координат WGS-84. Встановлено, що найчастіше небезпечне посилення опадів спостерігається у високогірній та східній частині Закарпатської області, а залучення даних гідрологічних і метеорологічних постів допомогло зафіксувати значну частку стихійних опадів та уточнити географічне положення небезпечних зон з точки зору посилення опадів, а саме гірський хребет Полонина Боржава, гірський хребет Чорногора та верхня частина басейну річки Тересви.

Виявлено, що зони найбільшої повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив співпадають із зонами найактивніших селепроявів, а саме басейнами річок: Ріки, Терєблі, Тересви, Білої та Чорної Тиси. Ареали найбільшої кількості опадів під час тривалих дощів, в цілому, співпадають з територіями поширення зсувів, тому враховуючи збільшення повторюваності дощів критеріїв СМЯ, слід очікувати активізацію наявних зсувних процесів по території Закарпатської області, а також утворення нових осередків зсувів ґрунту.

Встановлено, що сильні опади над Закарпатською областю утворювалися переважно під впливом меридіональної групи атмосферних процесів, що формувалися елементарними циркуляційними механізмами ЕЦМ 12а, ЕЦМ 13л та ЕЦМ 13з, тобто за наявності активної циклонічної діяльності над Арктикою,

яка визначається розвитком циклонів на арктичному фронті і, особливо, регенерацією на ньому оклюдованих циклонів, що перемістились з півдня при розвинутому антициклоні над північню Євразії.

Виникнення надзвичайних дощів (80 мм/12 год та більше) найчастіше спостерігалось при розташуванні над регіоном улоговин західних та північно-західних циклонів, з поступовим зростанням частки південних баричних утворень впродовж 30 років. Характерною ознакою випадків сильних опадів у Закарпатті виявилось розташування центрів циклонічних вихорів за межами регіону у більш північних широтах – над територією Польщі, Скандинавським півостровом, Балтійським морем та над Великобританією з наявністю добре розвинутої меридіональної баричної улоговини на рівні 500 гПа.

Розрахунок індексів конвекції при виникненні надзвичайних опадів над Закарпатською областю у теплий період 2016-2019 рр. вказує на високий потенціал конвективної нестійкості тропосфери, але для оцінки можливості посилення опадів доцільно застосовувати число лише Вайтинга, відносну завихреність шторму та вологовміст всієї купчастої хмари (індекси SRH і PW).

Ключові слова: сильний дощ, сильний снігопад, надзвичайний дощ, надзвичайний снігопад, Закарпатська область, циклонічна діяльність, елементарний циркуляційний механізм, індекси конвекції.

SUMMARY

Ozymko R.R. Heavy and extreme precipitation in Zakarpattia region. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the Doctor of Philosophy on Specialty 103 «Earth Sciences». – Odesa State Environmental University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odesa, 2020.

The thesis is devoted to the definition of space-time distribution, circulation

and thermodynamic conditions of formation of heavy and extreme precipitations on the territory of Zakarpattia region during 1990-2019.

The physical and geographical conditions of the study region are characterized by the possibility of their influence on the increase of emergencies of hydro-meteorological origin in Zakarpattia against the background of climate change. Peculiarities of complex interaction of radiation conditions, atmospheric circulation and orography, which form the climate of the region, are revealed.

The quantitative criteria of precipitation changing from 1966 to 2019 is generalized, which by their intensity, area of distribution, duration could cause or have caused significant damage to industries and the population.

Modern methods of interpretation of meteorological data on heavy and extreme precipitation are analyzed. The main methods and techniques of processing and analysis of meteorological information on natural disasters in different countries are considered.

Information collection of meteorological stations, hydrological and meteorological posts of Zakarpattia region was composed, a database on heavy and extreme precipitations for the period 1990-2019 was created, which includes 32 observation points of Zakarpattia region and 1 observation point of Ivano-Frankivsk region, which belong to the State Hydro-meteorological network observations.

The modern space-time regime of heavy and extreme rains and snowfalls is determined; the statistical analysis of their basic indicators is carried out. The temporal dynamics of heavy and extreme precipitation in terms of years, seasons and months in general has been revealed. It was found that the rainiest were the first and second decades of the XXI century, when heavy rains fell every year on large areas. Heavy and extreme precipitations in the phase distribution and by categories of natural meteorological phenomena were analyzed separately, and the increase in recurrence of heavy and extreme precipitations was determined, which is the best expressed in the mountainous part of Zakarpattia region.

Mapping of the spatial distribution of heavy and extreme precipitation was performed by the Surfer 15 software package using the Mercator projection and the

WGS-84 coordinate system. It is established that the most dangerous increase in precipitation is observed in the highlands and eastern part of Zakarpattia region, and the involvement of hydrological and meteorological posts helped to record a significant share of natural precipitation and clarify the geographical location of dangerous areas in terms of increased precipitation, namely mountain range Chornogora and the upper part of the Teresva river basin.

It was found that the zones of the greatest recurrence of heavy and extreme rains and also heavy downpours coincide with the zones of the most active landslides, namely the basins of the rivers: the Rika, the Tereblia, the Teresva, the Bila Tisza and the Black Tisza. Areas of the highest rainfall during prolonged rains, in general, coincide with the areas of landslides, so taking into account the increase in the frequency of rains in relation to the criteria of natural meteorological phenomena, we should expect the intensification of existing landslides in Zakarpattia region, as well as the formation of new landslides.

It was found that heavy precipitation over Zakarpattia region was formed mainly under the influence of the meridional group of atmospheric processes formed by Elementary Circulatory Mechanisms of 12a, 13s and 13w, for instance, in the presence of active cyclonic activity over the Arctic, which is determined by cyclones on the Arctic front and especially it enclosed cyclones that moved from the south with a developed anticyclone over northern Eurasia.

The occurrence of extreme rains (80 mm / 12 hours and more) was most often observed in the location of the basins of western and northwestern cyclones over the region, with a gradual increase in the share of southern baric formations over 30 years. A characteristic feature of cases of heavy rainfall in Zakarpattia was the location of cyclonic vortex centers outside the region in more northern latitudes – over Poland, the Scandinavian Peninsula, the Baltic Sea and the UK with a well-developed meridional baric troughs at the level of 500 hPa.

The calculation of convection indices in case of extreme precipitation over the Transcarpathian region in the warm period of 2016-2019 indicates a high potential for convective instability of the troposphere, but to assess the possibility of increased

precipitation it is advisable to use only the Whiting number, the relative storm vorticity the and the moisture content of the entire cumulus cloud (indices SRH and PW).

Key words: heavy rain, heavy snowfall, extreme rain, extreme snowfall, Zakarpattia region, cyclonic activity, elementary circulation mechanism, convection indices.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях держав, які входять до Європейського Союзу:

1. Семергей-Чумаченко А.Б., **Озимко Р.Р.** Динаміка виникнення стихійних опадів на території Закарпатської області з 1990 по 2019 рр. // International Academy Journal «Web of Scholar». 5(47), 2020, Р. 23-26. https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/31052020/7090.

Статті у наукових фахових виданнях України:

2. 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. DOI: 10.31481/uhmj.22.2018.03.

3. Семергей-Чумаченко А.Б., **Озимко Р.Р.** Сильні дощі та зливи у Закарпатській області як стихійні метеорологічні явища (1999-2018 рр.) // Український географічний журнал, 2019. № 4. С. 11-17. DOI: 10.15407/ugz2019.04.011.

Наукові статті в інших виданнях:

4. **Р.Р. Озимко**, А.Є. Золотарьов, В.М. Манівчук. Динаміка сильних дощів на території Закарпатської області на зламі століть // Праці ЦГО ім. Бориса Срезневського, 2020. № 16(30). С. 53-57.

Тези доповідей і матеріали конференцій:

5. А.Є. Золотарьов, **Р.Р. Озимко**. Стихійні опади на території Закарпатської області в теплий період року // Матеріали 70-ї конференції професорсько-викладацького складу УжНУ. 2016. С. 123-130.

6. **Озимко Р.Р.**, Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Стихійні гідрометеорологічні явища на Закарпатті взимку 2016-2017 рр. // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2017. С. 180.

7. М.В. Бобик, **Р.Р. Озимко**. Сильні снігопади на Закарпатті як небезпечні гідрометеорологічні явища [Текст] // «Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття» (м. Ужгород, 21-22 квітня 2017 р.). Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2017.

8. **Озимко Р.Р.**, Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Сильні зимові опади на Закарпатті за період 2007-2016 рр. // Матеріали III міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2018. С. 183-184.

9. **Озимко Р.Р.**, Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Небезпечні погодні явища холодного півріччя на Закарпатті // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2018. С. 320-321.

10. Zubkovych Svetlana, Ivus Galina, Homenko Galina, Hurska Lydmila, **Ozymko Ruslan**. Quantity Assessment of winter fronts intensity over Ukraine // Baltic Earth Workshop on Multiple drivers for Earth system changes in the Baltic Sea region. Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia. 26-27 November 2018. International Baltic Earth Secretariat Publication. No 4. 58 pp.

11. **Озимко Р.Р.**, Семергей-Чумаченко А.Б. Стихійні метеорологічні явища над Закарпаттям // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2019. С. 256-257.

12. Мельничук В.П., **Озимко Р.Р.** Аналіз основних метеорологічних показників 2019 року міста Ужгород // Тези доповідей The 1st International scientific and practical conference «Problems and Innovations in Science» Part 1 (May 4-5, 2020) Nika Publishing, London, Great Britain. 2020. V. 1. P. 265-271.

13. **Озимко Р.Р.**, Семергей-Чумаченко А.Б. Просторово-часовий розподіл сильних та стихійних опадів над Закарпаттям // Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 296-297 URL: <http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Materiali-XIX-konferentsiyi-molodih-vchenih-25-29-travnya-2020.pdf>.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1	
СТИХІЙНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА ПОВ'ЯЗАНІ З ОПАДАМИ ТА ЇХ ВИВЧЕНІСТЬ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	19
1.1. Глобальні та регіональні кліматичні зміни і стихійні метеорологічні явища	19
1.2. Дослідження стихійних метеорологічних явищ в Україні та Закарпатській області	23
1.3. Фізико-географічна та кліматична характеристика Закарпатської області.....	26
1.3.1. Географічне розташування та орографія.....	26
1.3.2. Циркуляційні особливості атмосфери в регіоні	29
1.3.3. Клімат Закарпатської області	31
Висновки до розділу 1	38
РОЗДІЛ 2	
ВХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	39
2.1. Огляд нормативних документів стосовно критеріїв СМЯ	39
2.2. Первинні матеріали та їх систематизація	43
2.3. Методика проведення дослідження	49
2.3.1. Статистичний аналіз.....	49
2.3.2. Картографування отриманих результатів	53
Висновки до розділу 2	55

РОЗДІЛ 3

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ СИЛЬНИХ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ ОПАДІВ ПРОТЯГОМ 1990-2019 рр.	57
3.1. Загальна характеристика просторово-часової динаміки.....	57
3.1.1. Часова динаміка сильних та надзвичайних опадів.....	57
3.1.2. Просторовий розподіл сильних і надзвичайних опадів	75
3.2. Просторово-часова динаміка СМЯ різних категорій	85
3.2.1. Сильні і надзвичайні дощі та сильні зливи	85
3.2.2. Сильні та надзвичайні тривалі дощі	108
3.2.3. Сильні та надзвичайні снігопади.....	122
Висновки до розділу 3	134

РОЗДІЛ 4

ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ СИЛЬНИХ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ ОПАДІВ У ЗАКАРПАТТІ.....	136
4.1. Типи циркуляції, які сприяли небезпечному посиленню опадів над Закарпаттям.....	136
4.2. Характеристика синоптичних процесів утворення надзвичайних опадів	146
4.3. Оцінка термодинамічних умов утворення та прогноз надзвичайних опадів за допомогою індексів конвекції.....	153
Висновки до розділу 4	159
ВИСНОВКИ.....	161
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	164

Додаток А Динаміка одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.	176
Додаток Б Динаміка кількості опадів (мм) під час СМЯ (крім тривалих дощів) по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.....	180
Додаток В Динаміка одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.	184
Додаток Г Динаміка кількості опадів (мм) під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.	188
Додаток Д Матриці зведених статистичних сукупностей всіх одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області за 1990-2019 рр.	192
Додаток Е Просторовий розподіл опадів (мм) під час найбільших тривалих дощів.....	196
Додаток Є Сильні та надзвичайні тривалі дощі в Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.....	198
Додаток Ж Типи ЕЦМ при сильних опадах у Закарпатській області з 1990 по 2019 рр.	203
Додаток З Список публікацій здобувача	205

ВСТУП

З плином часу взаємодія людини та сил природи не втратила своєї значущості, а в деякій мірі навпаки – набула ще більшого розмаху. Адже щоразу стикаємося з інформацією про жахливі руйнування будівель, гідроспоруд, затоплення територій, псування майна та навіть людськими жертвами. І це тільки мінімальний перелік тих бід, яких людина зазнає в результаті дії стихії. Одними з таких руйнівних сил природи виступають стихійні метеорологічні явища (СМЯ). За своєю природою вони є атмосферними явищами, які стрімко розвиваються в просторово-часовому відношенні, що ускладнює їх прогнозованість. Ці явища завдають великої шкоди різним галузям економіки будь-якої країни, порушуючи її розвиток. Загальні збитки від них можуть сягати десятків, а то й сотні мільйонів гривень за рік. Дуже часто СМЯ спостерігаються в комплексі з іншими небезпечними чи стихійними явищами, що посилює їх негативний вплив. Наприклад сильні зливи супроводжуються грозами, градом, шквалистим вітром; сильні снігопади – хуртовинами, налипанням мокрого снігу, сильним вітром тощо.

Серед стихійних метеорологічних явищ, що спостерігаються в Україні та Закарпатській області зокрема, найчастіше фіксуються дуже сильні дощі [10, 21, 36, 101], які за сучасними нормативами прирівнюються до сильних та надзвичайних дощів. Загалом, у кількісному співвідношенні всіх СМЯ, різко домінують сильні та надзвичайні опади, які досліджуються в даній дисертаційній роботі.

Територія Закарпатської області характеризується, в загальному, сприятливими кліматичними умовами. Однак особливості фізико-географічного положення та циркуляційних процесів зумовлюють, порівняно з Україною в цілому, часту повторюваність різних стихійних метеорологічних явищ серед яких переважають сильні та надзвичайні опади. Саме тому актуальність теми полягає в детальному вивченні всіх аспектів опадів, які

досягають критеріїв СМЯ на території Закарпатської області для подальшого використання інформації про них у господарській діяльності людини та інших прикладних наукових дослідженнях. Тільки за допомогою таких досліджень можна вирішити такі актуальні проблеми області:

- 1) удосконалення інженерних властивостей споруд з врахуванням кліматичних особливостей території;
- 2) раціональне ведення сільського господарства з врахуванням імовірності та інтенсивності настання СМЯ;
- 3) попередження паводків в області через детальні вивчення СМЯ;
- 4) прогнозування безпосередньо приходу СМЯ та багато іншого.

Зміни клімату в планетарному масштабі, починаючи з 90-х рр. XX ст., супроводжуються частішими проявами екстремальної погоди та збільшенням кількості небезпечних і стихійних метеорологічних явищ серед яких виділяються ті, що пов'язані з опадами [86, 95]. Отримані результати досліджень українських вчених свідчать про те, що за останнє тридцятиріччя спостерігається тенденція до збільшення частоти стихійних метеорологічних явищ на території України, що пов'язано з глобальними змінами великомасштабної циркуляції атмосфери [75].

Зважаючи на такі висновки є всі підстави вважати, що разом з кліматичними змінами змінюватиметься і режим СМЯ. Отже, сильні та надзвичайні опади, як одні з різновидів стихійних явищ, також зазнаватимуть суттєвих змін, і скоріш за все не в кращому сценарії.

Вивченню режиму стихійних метеорологічних явищ, в тому числі й сильних та надзвичайних опадів, на території України присвячено багато наукових праць [11, 58, 59, 100, 101]. В першу чергу дослідженнями в цьому напрямку займалися вчені Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту (УкрНДГМІ). В результаті було розраховано кліматичні характеристики СМЯ, здійснено аналіз їх просторово-часового розподілу та його картографування, розглянуто синоптичні процеси, що призводять до виникнення СМЯ, зміну циркуляції та її вплив на динаміку

стихійних метеорологічних явищ. В усіх роботах велика увага приділена СМЯ, що стосуються опадів. Безпосередньо давалася характеристика сильних та надзвичайних опадів на території Закарпатської області, особливо у монографії «Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах» (1973).

Метою роботи є визначення особливостей сучасного режиму та циркуляційних умов формування сильних та надзвичайних опадів на території Закарпатської області за типовий кліматологічний період часу – з 1 січня 1990 року по 31 грудня 2019 року.

Основні завдання дослідження:

1. Зібрати, опрацювати та узагальнити дані спостережень за опадами за тридцятирічний період на основі інформації Закарпатського обласного центру з гідрометеорології (Закарпатського ЦГМ), Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ) та Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського (ЦГО ім. Бориса Срезневського).

2. Визначити сучасний просторово-часовий режим утворення сильних та надзвичайних опадів у регіоні зі складним рельєфом.

3. Встановити вплив географічних чинників на посилення опадів.

4. Створити графічні та картографічні матеріали, які б детально характеризували параметри СМЯ на Закарпатті за багаторічний період.

5. Виявити особливості атмосферних процесів виникнення сильних та надзвичайних опадів над Закарпаттям.

6. Визначити термодинамічний стан тропосфери під час надзвичайних опадів у регіоні.

Об'єктом дослідження є атмосферні опади, які досягали критеріїв стихійних метеорологічних явищ на території Закарпатської області (сильні та надзвичайні дощі, зливи і снігопади, а також сильні та надзвичайні тривалі дощі).

Предметом дослідження виступають особливості просторово-часового розподілу та циркуляційних умов формування сильних і надзвичайних опадів на території Закарпатської області.

Методи і матеріали дослідження

Дослідження проведено за допомогою статистичного аналізу полів сильних та надзвичайних дощів, злив і снігопадів, а також виявлення синоптичних ситуацій при яких спостерігалися дані опади, за типізацією циркуляції атмосфери Північної півкулі методом Б. Л. Дзердзеєвського. В роботі використано дані щодо сильних та надзвичайних опадів зафіксованих 32 пунктами спостережень Закарпатської та одним пунктом Івано-Франківської областей, які зібрані на базі Закарпатського обласного центру з гідрометеорології, Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського та Українського гідрометеорологічного центру. Сутність фізичних взаємозв'язків між різними складовими предмета дослідження визначалася кореляційно-регресійним аналізом. Для відображення просторового розподілу різних показників сильних та надзвичайних опадів застосовано картографічний метод з використанням інтерполяційних можливостей програмного забезпечення Surfer 15.

Наукова новизна роботи

Вперше:

- створена база даних щодо сильних та надзвичайних опадів, в яку входить інформація з 32 пунктів гідрометеорологічних спостережень території Закарпатської області та 1 пункту Івано-Франківської області за 1990-2019 рр.;
- здійснено статистичний аналіз часової динаміки сильних та надзвичайних опадів за останнє тридцятиріччя на основі даних 10 метеорологічних станцій, 19 гідрологічних та 4 метеорологічних постів;
- виявлено певні ритми та цикли максимумів повторюваності сильних і надзвичайних опадів на території Закарпатської області;
- отримані сучасні кількісні кліматичні показники, які характеризують просторово-часовий розподіл сильних та надзвичайних опадів в Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.;
- картографовано просторовий розподіл основних показників сильних та надзвичайних опадів на території Закарпатської області враховуючи дані

гідрологічних та метеорологічних постів;

- встановлені сучасні циркуляційні процеси та їх еволюцію впродовж періоду дослідження, які призводять до небезпечного посилення;

- визначені показники термодинамічного стану тропосфери під час надзвичайних опадів у регіоні.

Уточнено території найбільшої та найменшої повторюваності різних кількісних показників сильних та надзвичайних опадів загалом і по їх видам.

Особистий внесок автора

Всі результати, представлені в дисертаційній роботі, отримані автором самостійно або за його безпосередній участі в колективі співавторів. Особистий внесок автора полягає в: зборі і попередній обробці метеорологічної інформації, систематизації метеорологічних даних щодо атмосферних опадів на території Закарпатської області у вигляді бази даних за 30 років; виявленні характерних рис та особливостей просторово-часового розподілу опадів СМЯ II та СМЯ III за досліджуваний період; встановленні циркуляційних умов та термодинамічних показників небезпечного посилення опадів. За допомогою наукового керівника були визначені цілі та завдання дослідження, а за допомогою здобувача пророблена теоретична і практична реалізація. Автор приймав безпосередню участь в написанні наукових статей за темою дисертації і наукових доповідей. У статтях написаних спільно з Івус Г. П. та Семергей-Чумаченко А. Б. особистий внесок автора полягає в зборі матеріалу, обробці та аналізі розрахунків. У статтях, написаних спільно із Золотарьовим А. Є. та Манівчуком В. М., особистий внесок автора полягає в обробці та аналізі розрахунків.

Апробація і публікація роботи

Робота виконувалася на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ з 2016 по 2020 р. Результати роботи доповідалися і обговорювалися на: 70-й конференції професорсько-викладацького складу УжНУ (Ужгород, Україна, 2016 р.), Конференції молодих вчених ОДЕКУ (Одеса, Україна, 2017, 2018, 2019 та 2020 рр.), Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційний

розвиток науки нового тисячоліття» (Ужгород, Україна, 21-22 квітня 2017 р.), III Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (Одеса, Україна, 2018 р.), «Baltic Earth Workshop on Multiple drivers for Earth system changes in the Baltic Sea region» (Таллінн, Естонія, 2018), Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та інновації в науці» (Лондон, Велика Британія, 4-5 травня 2020 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 13 наукових роботах, у тому числі, 1 стаття у періодичному науковому виданні держави, яка входить до Європейського Союзу, 2 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття в іншому виданні та 9 тез і матеріалів доповідей на міжнародних і всеукраїнських наукових та науково-практичних конференціях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження проведено в межах науково-дослідної роботи, яка виконувалася в Одеському державному екологічному університеті за темою «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., № ДР 0115U006532) та «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною» (2020-2024 рр., № ДР 0120U100487).

Практична та наукова значимість

Одержані результати можна використати в більш детальному прогнозуванні сильних та надзвичайних опадів, в подальших наукових дослідженнях стихійних явищ погоди, для різних галузей економіки та вивченні клімату загалом, а також для повнішого вивчення атмосферних процесів які можуть призвести до розвитку сильних та надзвичайних опадів.

Структура і обсяг дисертації

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 124 найменування і 9 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 207 сторінок, в тому числі 61 рисунок та 32 таблиці.

РОЗДІЛ 1

СТИХІЙНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА ПОВ'ЯЗАНІ З ОПАДАМИ ТА ЇХ ВИВЧЕНІСТЬ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Глобальні та регіональні кліматичні зміни і стихійні метеорологічні явища

У минулому клімат Землі постійно змінювався, тому є всі підстави вважати, що він буде змінюватись і в майбутньому. Сьогодні факт глобального потепління не викликає сумнівів і вважається експериментально доведеним: ріст глобальної температури повітря та океанів, зменшення площі морського льоду, підвищення рівня Світового океану підтверджено довготривалими інструментальними спостереженнями. Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, не перестають цікавити вчених, суспільні організації та Уряди країн всього світу. У зв'язку з цим, активніше розвиваються методи прогнозування глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів [86, 108].

Зміни клімату справляють багатоманітні впливи на різні аспекти існування людства та довкілля. Протягом останніх десятиліть в Європі спостерігалися кліматично зумовлені явища зміни у видовому складі, співвідношенні та ареалах проживання тварин, комах, птахів і рослин. Екстремальні температурні показники, зафіксовані в першій декаді 2000-х років, призвели до негативного впливу на здоров'я людей, збільшили кількість госпіталізацій і смертельних випадків. За оцінками вчених, кількість смертельних випадків внаслідок рекордних температур влітку 2003 р. тільки в Європі перевищила 70 000 осіб. Також, зміна клімату з високою певністю сприяла поширенню інфекційних хвороб серед тварин [104].

У 1987-1988 рр. Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) разом з Програмою ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) була заснована Міжурядова група експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК), яка поклала початок систематизації знань у сфері зміни клімату. Керівними принципами роботи МГЕЗК згідно з керівними принципами організації є «оцінка, яка базується на повній, об'єктивній та відкритій основі наукової, технічної та соціально-економічної інформації, яка стосується до розуміння наукового підґрунтя ризиків антропогенної зміни клімату, потенційних негативних впливів від цієї зміни та можливостей для адаптації та запобігання зміні клімату» [61]. Основними завданнями цієї групи є періодичні оцінки наукових знань про минулі та очікувані зміни клімату Землі, їх наслідки для природних і соціально-економічних систем, можливості пом'якшення антропогенного впливу на клімат, а також методи обліку антропогенних емісій парникових газів. Результати таких оцінок використовуються при розробці національної та міжнародної політики в області обмеження антропогенного впливу на кліматичну систему, а також органами управління різного рівня, представниками бізнесу та населенням [40, 92].

В 2012 році Всесвітня метеорологічна організація сформувала глобальну рамкову основу для кліматичного обслуговування (ГРОКО), основним завданням якого є наукове та інформаційно-аналітичне забезпечення адаптації економіки і населення країн до поточного і очікуваного стану кліматичної системи, зниження ризику стихійних лих [76].

З метою збереження клімату планети і в інтересах забезпечення безпеки людини в грудні 2015 року було підписано Паризькі угоди, спрямовані на обмеження викидів парникових газів в атмосферу, щоб уникнути підвищення середньої глобальної температури повітря на 2°C в порівнянні з доіндустріальними рівнями (в даний час відбулося підвищення температури майже на 1°C, а концентрація вуглекислого газу в атмосфері досягла 404 млн⁻¹). Крім зростання температури повітря все частіше стали виникати екстремальні природні явища, що завдають значної шкоди економіці і здоров'ю населення.

Не випадково Міжнародний економічний форум в Давосі (2017 р.) серед головних загроз на перше місце поставив небезпечні гідрометеорологічні явища [29, 37]. Обговорення цих проблем було продовжено на кліматичному форумі в грудні 2018 року в Катовіце (Польща). Тут мова йшла про можливість обмежити глобальне потепління рівнем $1,5^{\circ}\text{C}$.

Дійсно, при обмеженні глобального потепління рівнем $1,5^{\circ}\text{C}$, в порівнянні з потеплінням на 2°C , зміни в фізичних системах будуть помітно менші [3]. Це особливо торкнеться стану Арктики, зон багаторічної мерзлоти, швидкості танення гренландського і Антарктичного льодовикових покривів, підвищення рівня Світового океану. Зменшаться ризики, пов'язані з екстремальними опадами, засухами і нестачею води [71, 77].

Згідно з прогнозами МГЕЗК, представленими в П'ятому оціночному звіті зі зміни клімату, з високим ступенем вірогідності Європу очікує підвищення середніх температур і температурних максимумів, збільшення нерівномірності розподілу кількості опадів, зі збільшенням нерівномірності розподілу кількості опадів між Північною та Південною Європою. Аналіз режиму формування опадів у XX ст. у Північній півкулі виявив незначне їх зростання – $0,5\text{-}1,0\%$ за десятиріччя – у більшості регіонів високих і середніх широт, а в другій половині століття дещо зросла ймовірність сильних опадів. Загалом, кількість щоденних випадків сильних опадів, що призвели до повеней, збільшилася. Прогнозується також збільшення частоти та інтенсивності небезпечних і стихійних гідрометеорологічних явищ [86, 117]. В останній спеціальній доповіді МГЕЗК, яка вийшла 29 вересня 2019 року сказано, що люди в гірських регіонах все більше піддаються впливу небезпечних явищ і змін в області доступності водних ресурсів [30]. Стає очевидно, що зі зміною перерозподілу кількості опадів та їх нерівномірністю випадання відбуватимуться й зміни у динаміці стихійних метеорологічних явищ пов'язаних з опадами.

Потрібно враховувати, що внаслідок глобальних змін клімату основну складову переліку загроз у найближчому майбутньому становитимуть гідрометеорологічні явища. За оцінками ООН найближчим часом на території

більшої частини Європи відбуватиметься суттєве зростання частоти повеней: з одного разу на 100 років до одного разу у 5-15 років. Дані ООН свідчать про те, що за останні два десятиліття від різних катастроф щорічно постраждали більше 200 млн. чоловік [70].

З початком ХХІ ст., частота виникнення стихійних метеорологічних явищ значно збільшилася, що, можливо, пов'язано з глобальними змінами і коливаннями клімату. Це спонукало Генеральну асамблею ООН прийняти 22 грудня 1989 року Резолюцію (№44/236), в якій період з 1990 до 2000 рр. проголошено Міжнародним десятиріччям щодо зменшення небезпеки стихійного лиха. У травні 1994 року у Йокогамі (Японія) відбулась Всесвітня конференція з природних катастроф на якій було задекларовано, що боротьба зі зменшення збитків від природних катастроф повинна бути пріоритетним напрямком державної стратегії всіх країн у досягненні стійкого розвитку. Саме тому вивчення стихійних метеорологічних явищ є постійно актуальною тематикою досліджень науковців всього світу [98, 101, 107].

Територія України також зазнає впливу глобальних змін клімату на регіональному рівні. У відносно недалекому минулому варто відзначити катастрофічні наслідки повеней 1992, 1998, 2001, 2008 та 2010 років у західних областях держави, які показали гостру необхідність вжиття заходів щодо зниження ризиків природних лих гідрометеорологічного походження. Потрібно також врахувати, що економічні збитки внаслідок надзвичайних ситуацій (НС) природного походження суттєво перевищують збитки від техногенних НС (табл. 1.1). Згідно з Шостим національним повідомленням України з питань зміни клімату, екстремальні погодні умови, кількість яких, за прогнозами, так само збільшуватиметься, матиме вплив на підвищення аварійності в електромережах, а також призводитиме до виходу з ладу вітрогенеруючого обладнання. Збільшення інтенсивності опадів спричинятиме прискорення корозії металевих конструкцій та їх руйнування. Нерівномірність річкового стоку і зміни гідрологічного режиму призведуть до зниження маневрових потужностей ГЕС через посухи або паводки [108].

Таблиця 1.1

Характеристика НС в Україні протягом 2000-2010 рр. [70]

Тип НС	Кількість НС	Обсяг збитків, тис. грн.
Пожежі, вибухи	928	1015453
Медико-біологічні НС	815	34366
Метеорологічні НС	780	4681500
Аварії чи катастрофи на транспорті	541	62703
Аварії в електроенергетичних системах	277	41714
Аварії у системах життєзабезпечення	249	216210
Пожежі в природних екологічних системах	157	106454
Нещасні випадки з людьми	156	802
НС унаслідок наявності у навколишньому середовищі шкідливих і радіоактивних речовин понад ГДК	124	76038
Раптове руйнування будівель і споруд	120	101764
Геологічні НС	117	467714
Гідрологічні НС поверхневих вод	60	4845643
Аварії систем телекомунікацій	21	2474
Аварії на очисних спорудах	8	20477
Гідрологічні морські НС	8	14478

Згідно з Шостим національним повідомленням України з питань зміни клімату, екстремальні погодні умови, кількість яких, за прогнозами, так само збільшуватиметься, матиме вплив на підвищення аварійності в електромережах, а також призводитиме до виходу з ладу вітрогенеруючого обладнання. Збільшення інтенсивності опадів спричинятиме прискорення корозії металевих конструкцій та їх руйнування. Нерівномірність річкового стоку і зміни гідрологічного режиму призведуть до зниження маневрових потужностей ГЕС через посухи або паводки [108].

1.2 Дослідження стихійних метеорологічних явищ в Україні та Закарпатській області

Небезпечні та стихійні метеорологічні явища як атмосферні явища, що завдають шкоди оточуючому середовищу та населенню завжди цікавили

вчених. Вивченням таких явищ в природі, на території всієї України почали займатися ще з радянських часів. Деякі відомості про небезпечні явища погоди та їх наслідки на території Закарпатської області наведені в працях угорських, чеських та польських вчених ще за часів Австро-Угорщини та Чехословаччини. До 70-х років XX ст. дослідження різних вчених публікувались у наукових статтях присвячених вивченню окремих небезпечних явищ погоди. Починаючи з 70-х років XX ст. дослідженню режиму небезпечних та стихійних метеорологічних явищ на території України та окремих її регіонів присвячено багато наукових робіт.

Найбільший внесок у вивчення СМЯ в межах України зробили вчені Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ). Саме завдяки дослідженням К. Т. Логвінова, В. М. Бабіченко та М. Ю. Кулаковської вийшла перша монографія «Опасные явления погоды на Украине» (1972) [58]. В ній досить детально наведена кліматологічна характеристика режимів небезпечних явищ погоди, їх просторово-часовий розподіл та причини виникнення на території країни в цілому. Значна увага приділялась кліматологічній обробці метеорологічних даних статистичними методами. В монографії відведено окремий підрозділ дослідженню значних та надмірних опадів.

Одразу після цієї праці вийшла нова монографія – «Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах» (1973) [59]. Вихід цієї монографії був пов'язаний з тим, що регіон Українських Карпат характеризується особливими кліматичними умовами та найбільшою повторюваністю небезпечних та стихійних метеорологічних явищ. В цій праці проводилася досить детальна оцінка просторово-часового розподілу небезпечних гідрометеорологічних явищ безпосередньо і на території Закарпатської області. Окремий розділ присвячений вивченню просторово-часового розподілу та синоптичних умов формування рясних опадів. Деякі картографічні матеріали дають можливість порівняти минулий просторовий розподіл з сучасними даними. Також в розділі охарактеризовано вплив орографії на розподіл опадів в теплий період року.

Деяка інформація про просторово-часову структуру полів опадів, їх процеси формування та розподіл сильних опадів на території Закарпаття висвітлена у монографії «Тепловой и водный режим Украинских Карпат» (1983) [91]. Подані карти просторового розподілу максимальної кількості опадів під час конкретних сильних та надзвичайних дощів, а також сильних та надзвичайних тривалих дощів, що зумовили катастрофічні паводки в Українських Карпатах.

Наступною працею в тематиці досліджень СМЯ стала монографія «Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии» (1991) [100] за редакцією В. М. Бабіченко, в якій враховувалися напрацювання попередніх досліджень та використалися новіші методи кліматологічної обробки метеорологічних даних. В ній також розглядались закономірності просторово-часового розподілу стихійних метеорологічних явищ. Основні показники давались по адміністративним областям та економічним районам. Велика увага приділялась імовірнісним характеристикам розрахованим за допомогою біноміального закону розподілу, а також розподілів Пуассона та Вейбула. Було проведено районування території України за впливом стихійних метеорологічних явищ. Окремий підрозділ присвячено дослідженню сильних дощів.

Останнім масштабним дослідженням в галузі СМЯ стала монографія «Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.)» (2006) за редакцією В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого та В. М. Бабіченко [101]. Методологічно в основу дослідження лягли попередні праці вчених. На основі використання сучасних технологій та комп'ютерного моделювання докладно проаналізовано просторово-часовий розподіл СМЯ на території України. У монографії різними способами проведено картографування кліматологічної інформації щодо СМЯ. Розглянуто синоптичні процеси, що призводять до виникнення СМЯ, зміну циркуляції та її вплив на збільшення СМЯ. Велика увага приділена імовірнісним характеристикам та чисельному методу прогнозування атмосферних процесів.

Сьогодні УкрГМІ продовжує займатися дослідженнями в галузі небезпечних та стихійних метеорологічних явищ, як по території всієї України так і її окремих регіонів. Найбільший внесок в цьому напрямку зробили: В. О. Балабух, В. І. Осадчий, С. М. Ягодинець, О. М. Лавриненко, Т. М. Заболоцька, В. Ф. Мартазінова та інші. Результати досліджень представлені у вигляді наукових статей та звітів про науково-дослідні роботи [8, 12, 35, 57, 62].

В Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ) також досліджуються різні небезпечні та стихійні явища погоди на території України. Завдяки роботі у сфері прогнозуванню погодних умов, у 2012 році Г. П. Івус було видано навчальний підручник «Спеціалізовані прогнози погоди», в якому значна увага приділялася прогнозуванню різних СМЯ на території України [39].

1.3 Фізико-географічна та кліматична характеристика Закарпатської області

1.3.1 Географічне розташування та орографія

Закарпатська область є найзахіднішою територією України. Вона розташована на крайньому південному заході країни на межі двох фізико-географічних структур – Карпатської гірської та Закарпатської низинної між 48° та 49° пн. ш. та 22° і 25° сх. д. [84]. Загальна площа області 12,8 тис. км².

Закарпаття відділене високогірними хребтами Українських Карпат від Львівської (довжина територіальної межі – 85 км) та Івано-Франківської (180 км) областей, межує з чотирма державами Європейського Союзу, а саме: Польщею (довжина державного кордону – 33,4 км), Словаччиною (98,5 км), Угорщиною (130 км) і Румунією (205,4 км). Точними координатами крайніх точок області за даними Закарпатського геодезичного центру є: західної –

західніше від с. Соломоново Ужгородського району – $48^{\circ}25'59''$ пн. ш., $22^{\circ}08'21''$ сх. д.; східної – гора Піп Іван в Рахівському районі – $48^{\circ}02'51''$ пн. ш., $24^{\circ}37'45''$ сх. д.; північної – гора Килеменець у Великоберезнянському районі – $49^{\circ}05'51''$ пн. ш., $22^{\circ}35'10''$ сх. д.; південної – поблизу с. Ділове у Рахівському районі – $47^{\circ}53'48''$ пн. ш., $24^{\circ}13'48''$ сх. д. Відстань між східною та західною крайніми точками складає 190 км, а між північною та південною – 100 км. Географічний центр Закарпаття знаходиться на території г. Кук ($48^{\circ}30'$ пн. ш., $23^{\circ}23'$ сх. д.), що на межі Міжгірського та Іршавського районів [84, 85].

Територія області є водозбором української частини басейну р. Тиса та її приток, характеризується переважно гірським рельєфом, який займає близько 80% її загальної площі. Північний кордон області проходить по гребеню Вододільного хребта з абсолютними відмітками 900-1100 м н.р.м. у верхів'ї р. Уж, 1000-1200 м н.р.м. у верхів'ї р. Латориця, 1200-1500 м н.р.м. у верхів'ї річок Ріка, Тересва, а східна межа – по вододілу Черногірського хребта з відмітками 1500-2000 м н.р.м. у верхів'ї річок Біла та Чорна Тиса. В межах Закарпаття Українські Карпати являють собою три поздовжні пасма хребтів: Вододільного, Полонинського, Вулканічного (Вигорлат-Гутинського). На крайньому південному сході відокремлено височать Рахівські гори. Закарпатська низовина є північно-східною частиною Середньодунайської низовини та витягнута здебільшого вздовж правого берега р. Тиси [83, 85, 103].

Відповідно до фізико-географічного районування в Закарпатті виділяють такі області [84]:

1. Вододільноверховинську (800-1500 м, вертикальне розчленування рельєфу 200-500 м);
2. Полонинсько-Чорногірську (1700-2061 м з вертикальним розчленуванням рельєфу понад 500 м та найвищою в Україні вершиною г. Говерла);
3. Мармарошську (1400-1600 м, вузькі гребенеподібні хребти з крутими схилами, глибокими долинами з амплітудою відносних висот до 1000 м);
4. Вулканічно-міжгірно-улоговинну (плоскі хребти Вигорлат-Гутинського пасма близько 1000 м з вертикальним розчленуванням 200-500 м та

Солотвинська і Турянсько-Боржавська улоговини, що змінюються вузькою смугою передгір'я Закарпатської низовини);

5. Закарпатську низовинну (плоскої акумулятивної рівнини на південному заході області з острівними горбами висотою 200-600 м.

В природно-історичному відношенні область різко поділяється на три ландшафтні зони: гірську, передгірну та низовинну.

Гірська зона, яка складається з Вододільного, Полонинського та Вулканічного хребта, охоплює висоти від 300 до 2000 м (місцями і вище) над рівнем моря.

Полонинський хребет, що простягається до східного кордону області, має довжину 180 км. Абсолютна висота його збільшується з північного заходу на південний схід від 1400 м (Полонина Руна) до 2000 м (Чорногора). На південному сході Чорногори піднімається найвища гора Закарпаття та України – Говерла (2061 м). Для Полонинського хребта характерні широкі плоскі вершини, які являють собою залишки старовинного вирівняного рельєфу. Вони вкриті гірськими луками – полонинами і використовуються як пасовища. До таких полонин відносяться Руна, Красна, Боржава, Свидовець та інші.

Вододільний хребет розташований на північ від Полонинського хребта. Його гірські пасма розчленовані, вузькі, схили круті, гребені кам'яністі. На заході височіють гірські масиви Смерек (1425 м), Озірна (1500 м), Кам'янка (1579 м), Канч (1583 м), Стримба (1723 м), які порізані верхів'ями річок Терєблі, Ріки, Мокрянки, утворюють складний пересічений район, вкритий хвойними лісами. Східна частина, більш висока ніж західна і має такі вершини: Попада (1742 м), Буштул (1693 м), Сивуля (1815 м), Чорна Клева (1723 м) [83, 91]. Вододільний хребет розділений перевалами (Ужоцьким, Верецьким, Воловецьким, Вишківським, Торунським, Яблунецьким), через які прокладено автомагістралі та залізниці, що зв'язують Україну з Центральною Європою.

Вулканічний хребет складається з декількох гірських груп, розташованих в один ряд. На північний захід від Тиси піднімаються Вигорлатські гори: Попрічний Верх (1020 м), Маковиця (978 м), Великий Діл (1086 м). Середня

висота гір становить 800-1000 м. На південь від Тиси простягаються Гутинські гори висотою 700-800 м. Вигорлат-Гутинські групи гір являють собою погаслі вулкани з рештками вулканічних конусів. Південні схили Вулканічного хребта переходять у смугу передгір'їв [83].

На півдні Закарпаття, на схід від Тиси, розташовані Рахівські гори. Їх головний хребет починається масивом Менгул (1368 м) і закінчується горою Стіг (1656 м).

Смуга передгір'їв, яка складається з декількох терас, відокремлює південні схили Карпат від Закарпатської низовини, яка розташована на правому березі Тиси. В районі міста Берегове на низовині піднімаються низькі гори, складені вулканічними породами, які носять назву Березівське горбогір'я [83].

Полонинський хребет відокремлений від Вододільного Центрально-Карпатським пониженням, а від Вулканічного – Внутрішньо-Карпатським пониженням.

Центрально-Карпатське пониження простягається з південного сходу на північний захід і виходить за межі області. Воно вкрите м'якими глинистими сланцями. Пониження на всій відстані до Ясинської котловини являє собою смугу знижених гір висотою 700-800 м. Ясинська котловина – це ізольована зона серед Українських Карпат, яка оточена лісистими хребтами. У котловині бере початок найбільша річка Закарпаття – Тиса [83].

Внутрішньо-Карпатське пониження ділиться на три котловини: Перечинську, Свалявську і Хустську (Мармарошську).

1.3.2 Циркуляційні особливості атмосфери в регіоні

Закарпаття перебуває у сфері дії атмосферних процесів, що розвиваються над Атлантикою і Євразією. Основними кліматологічними центрами дії атмосфери [33], які зумовлюють циркуляцію атмосфери є:

1. Ісландська барична депресія;
2. Арктичний антициклон;

3. Середземноморська барична депресія;
4. Азорський антициклон;
5. Сибірський зимовий антициклон, відроги якого іноді досягають і низовинних районів Закарпаття.

Взаємодія цих баричних центрів викликає трансформацію повітряних мас.

Взимку більшість циклонів переміщується на Закарпаття з районів Атлантики і Середземного моря. Ці циклони є глибокими і часто супроводжуються в Закарпатті та прилеглих районах ожеледдю, відлигами, таненням снігу, значними дощами, нерідко викликають зимові паводки [20].

Іншим характерним для зими процесом є східний вплив, пов'язаний з посиленням антициклону на сході Європейської частини Росії. Зрідка Закарпаття опиняється під впливом антициклонів полярного походження, що приносять холодні маси повітря з Арктики. Вторгнення арктичних мас повітря зазвичай відбувається в тилівій частині циклонів, де формуються проміжні або заключні антициклони. З такими процесами пов'язані суворі зими.

Навесні відбувається посилення Азорського антициклону. Його відроги і ядра виходять на Європейський континент. Зменшується повторюваність західних циклонів, південні і південно-західні циклони виходять на Польщу чи Білорусь [49].

Влітку послаблюються адвективні процеси, і посилюється роль радіаційних і місцевих факторів. Значний розвиток отримує Азорський антициклон, який поступово поширюється на схід. З надходженням тропічних мас повітря в ядрах Азорського антициклону встановлюється спекотна і суха погода.

Восени Азорський антициклон слабшає, хоча на початку осені його вплив ще зберігається. Надалі він руйнується, а посилюється вплив Сибірського антициклону. Збільшується повторюваність західних і південних циклонів [91].

Таким чином, погодні умови Закарпаття зумовлюються в основному чергуванням впливу відрогів Азорського і Сибірського антициклонів та переміщенням циклонів з Атлантики і Середземномор'я.

Незважаючи на значну повторюваність антициклонів і пов'язану з нею континентальність, клімат Закарпаття м'якіший, ніж у центральних і східних районах України, що пояснюється пом'якшувальною дією гір, які захищають територію області від холодних північно-східних потоків взимку. В цілому кліматичні умови Закарпаття характеризуються великою різноманітністю, теплим тривалим літом, м'якою, з частими відлигами зимою.

1.3.3 Клімат Закарпатської області

Клімат Закарпатської області формується в результаті складної взаємодії радіаційних умов, циркуляції атмосфери та підстильної поверхні (рельєфу).

За схемою відомого радянського кліматолога Б. П. Алісова Закарпаття відносять до області континентально-європейського клімату [103]. Він має багато спільного з кліматом Угорщини та північної частини Балканського півострова, що визначається загальною циркуляцією атмосфери над Європою. Взимку тут переважають повітряні течії, які зумовлені циклонічною діяльністю полярного фронту. Хоча виникаючий у зв'язку з цим потік атлантичного повітря, який рухається з південного заходу, доходить до Закарпаття вже сильно охолодженим, все ж він помітно пом'якшує суворість закарпатських зим. Разом з тим в циклонічній діяльності нерідко бере участь континентальне повітря Східної Європи, вторгнення якого приносить в область різкі пониження температури [91].

Загальні риси клімату області визначаються особливостями річного ходу основних метеорологічних елементів (температури, опадів, атмосферного тиску, вітру тощо) та їх розподілом по території.

Температурний режим формується під впливом радіаційного режиму, атмосферної циркуляції, характеру підстильної поверхні. В області розподіл

температур дуже складний і визначається висотою над рівнем моря та особливостями рельєфу. В горах спостерігається зниження температури повітря з висотою. Вертикальний температурний градієнт (зміна температури на 100 м висоти) в середньому за рік становить $0,76...0,86^{\circ}\text{C}$. В холодний період він становить $0,4...0,7^{\circ}\text{C}$, а в літній – $1,0...1,1^{\circ}\text{C}$ [20, 49].

В окремі роки взимку на станціях, розміщених на відкритих вершинах і схилах, стік холодного повітря іноді бував такий великий, що температура на вершинах виявляється вищою, ніж на схилах і в долинах, тобто вертикальний температурний градієнт стає від'ємним. Це буває внаслідок сильних інверсій (підвищення температури повітря в висотою), які утримуються протягом кількох днів.

Середньомісячна багаторічна температура повітря – показник, який свідчить про термічний режим і тому має велике практичне значення. Середня температура січня коливається від $-3,1^{\circ}\text{C}$ (Ужгород) на низині до $-7,8^{\circ}\text{C}$ (Турбат) у горах. У березні середня температура плюсова і в передгірно-низовинних районах становить $4...5^{\circ}\text{C}$, у гірських долинах $0...2^{\circ}\text{C}$, а на високогір'ї вона від'ємна ($-1...-3^{\circ}\text{C}$). Протягом квітня-травня спостерігається інтенсивне підвищення температури: на низовині вона становить $1...16^{\circ}\text{C}$, на високогір'ї $1...8^{\circ}\text{C}$ тепла. Найвища місячна температура в липні-серпні: на низовині $20...21^{\circ}\text{C}$, у горах $15...19^{\circ}\text{C}$, на високогір'ї $11...14^{\circ}\text{C}$. З вересня відмічається зниження температури повітря. Зимовий режим її в низинних районах настає в другій декаді грудня, у горах – у третій декаді листопада [20, 91].

У передгірно-низовинних районах області відносно високі середні річні температури $9...10^{\circ}\text{C}$, в гірських долинах $6...7^{\circ}\text{C}$, на найвищих вершинах (1100-1400 м н.р.м.) близько 3°C (табл. 1.2).

Абсолютний максимум температури повітря становить в низовинно-передгірних районах $+41^{\circ}\text{C}$, в горах $+37^{\circ}\text{C}$. За післявоєнний період спостережень $+39^{\circ}\text{C}$ зареєстровано в Ужгороді в липні 1952 року [48].

Абсолютний мінімум температури повітря становить у низовинно-передгірних районах -33°C , в горах -36°C . За післявоєнний період спостережень зниження температури до -32°C зареєстровано в січні 1954 року (Берегове, Нижні Ворота) [48].

Таблиця 1.2

Середні місячні й річні температури повітря, $^{\circ}\text{C}$ [48]

Станція	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
АМСЦ Ужгород	-2,8	-0,2	4,7	10,7	15,6	18,5	19,9	19,4	15,5	10,3	4,6	-0,4	9,7
Берегове	-2,7	0,1	5,0	10,9	15,9	18,7	20,2	19,6	15,7	10,3	4,8	-0,2	9,9
Хуст	-4,3	-1,3	3,8	10,1	15,1	17,8	19,2	18,5	14,5	8,9	3,7	-1,3	8,7
Великий Березний	-4,1	-1,1	3,1	9,1	13,9	16,8	18,1	17,4	13,6	8,5	3,5	-1,4	8,1
Нижні Ворота	-4,6	-2,6	1,4	7,1	12,1	14,8	16,2	15,6	12,0	7,4	2,4	-2,3	6,6
Нижній Студений	-5,8	-4,0	-0,2	5,6	10,9	13,7	15,2	14,4	11,1	6,3	1,7	-3,3	5,5
Рахів	-4,3	-1,7	2,3	8,0	13,0	15,6	17,0	16,4	12,9	7,8	2,8	-1,8	7,3
Міжгір'я	-5,0	-2,6	1,4	7,2	12,3	15,0	16,4	15,8	12,3	7,4	2,5	-2,4	6,7
Плай	-6,3	-5,8	-2,6	1,7	7,6	9,4	11,1	11,3	7,8	3,5	-1,6	-5,0	2,6

У низовинних районах в середньому протягом 80 днів на рік середньодобова температура повітря становить $15...20^{\circ}\text{C}$. Майже півтора місяця тримається $20...25^{\circ}\text{C}$, а в горах така температура може утримуватися влітку протягом 1-2 днів. У горах 83 дні в році з середньодобовою температурою $10...15^{\circ}\text{C}$ [91].

Безморозний період в низовинно-передгірних районах в середньому триває 175, у горах – 150 днів. Найбільша тривалість його – 242 дні (М Берегове – 1960 рік), найменша – 101 день (М Нижній Студений – 1959 рік) [2].

Для вегетаційного періоду характерним є такі показники теплозабезпеченості, як сума температур понад $+5^{\circ}\text{C}$, тривалість безморозного періоду. Період вегетації визначається відрізком часу, в якому середньодобові температури повітря становлять понад $+5^{\circ}\text{C}$. Для низовинно-передгірних районів такий перехід відбувається у другій половині березня, а закінчується в першій половині листопада і триває 230-240 днів. У горах тривалість

вегетаційного періоду 190-215 днів. Найвища – 242 дні (М Берегово – 1960 рік), найнижча – 101 день (М Нижній Студений – 1959 рік) [2].

Суми середніх добових температур вище $+5^{\circ}\text{C}$ (суми ефективних температур) характеризують кількість тепла, що одержують сільськогосподарські культури за вегетаційний період і дорівнюють в середньому в низинних районах 3500°C , у передгірних – 3200°C і в гірських – 2500°C [2].

Важливим показником ресурсів тепла є суми середніх добових температур за період, коли вони перевищують $+10^{\circ}\text{C}$ (суми активних температур). У низовинних районах вони дорівнюють в середньому 3200°C , в передгірних – 2900°C і в гірських – 2200°C . Завдяки особливостям мікроклімату на південному схилі у Виноградові і біля Мужієва суми активних температур досягають $3500\text{-}3600^{\circ}\text{C}$. Тривалість періоду активних температур в низовинно-передгірних районах становить в середньому 185, а в гірських – 150 днів [2].

Середня річна кількість опадів на території області змінюється від 700 до 1500 мм (табл. 1.3). Таку значну різницю можна пояснити наявністю гір, які зумовлюють орографічне підняття повітряних мас з подальшим хмароутворенням [91]. Опади по території розподіляються нерівномірно. В низовинних районах їх річна кількість становить 700-800 мм, у передгірних – 900-1100 мм, а на високих гірських хребтах та в гірських долинах – до 1500 мм.

За холодний період року (листопад – березень) випадає 250-620 мм, а за теплий (квітень – жовтень) – 440-1030 мм.

Зимові місяці за кількістю опадів мало відрізняються один від одного, мінімум припадає в основному на лютий (45-100 мм). У низовинно-передгірних районах опадів у березні мало (40-50 мм). З квітня кількість їх збільшується і досягає максимальної величини в червні-липні (80-160 мм), але в окремі роки максимум припадає й на інші місяці. Так, в Ужгороді у серпні 1955 року зареєстровано 177 мм, а в жовтні 1974 року – 288 мм (майже третина річної норми).

Великі коливання в кількості опадів бувають між роками, а також в окремі роки між місяцями. Середня кількість днів у рік з опадами $\geq 0,1$ мм становить в низовинних районах 140-150, у горах – 190 днів.

Таблиця 1.3

Середні місячні та річні суми опадів, мм [20, 48]

Станції, пости	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
АМСЦ Ужгород	57	47	49	46	71	88	86	71	54	50	59	70	748
Берегово	49	40	44	45	69	86	79	72	46	43	52	62	687
Великий Березний	60	52	57	56	85	107	98	85	71	59	70	78	878
Нижні Ворота	59	58	71	67	103	128	134	103	87	71	80	85	1046
Плай	125	101	102	121	148	187	184	145	125	122	141	149	1650
Нижній Студений	58	54	71	67	102	140	147	114	83	69	80	88	1073
Міжгір'я	72	70	85	77	112	134	146	117	94	83	104	110	1204
Руська Мокра	102	101	103	106	117	164	152	129	128	135	137	125	1499
Рахів	81	73	75	84	118	141	132	114	86	76	104	113	1197
Хуст	91	74	75	67	103	120	103	104	71	73	96	118	1095

Найбільша добова кількість опадів спостерігається в теплу пору року під час інтенсивних зливових короткочасних дощів. Так, на ГП Луги за 1 год 30 хв 26 червня 2016 року випало 89,7 мм дощу (місячна норма для Рахова 141 мм), а на Сл Плай 12 серпня 2014 року за 9 год випало 100,0 мм дощу. Абсолютний добовий максимум опадів зареєстровано з 10⁰⁰ 4 по 06⁰⁰ год UTC 5 листопада 1998 року в Руській Мокрій – 157 мм дощу.

Відносна вологість повітря, що характеризує стан насичення повітря вологою у відсотках при даній температурі, є хорошим показником «сухості» клімату [31]. Фізико-географічні умови території, рельєф, значний відсоток заліснення території та інші чинники забезпечують високу вологість повітря (табл. 1.4).

Максимальна відносна вологість (80-87%) спостерігається взимку, мінімальна (63-77%) – навесні. В річному ході відносна вологість не має різко виражених максимумів й мінімумів. Дні, коли вона знижується до 30% і нижче,

називаються сухими. З такою вологістю повітря в середньому за рік буває 10-12 днів. Найбільше сухих днів (3-4) спостерігається у квітні, у травні їх буває 1-2 дні.

Таблиця 1.4

Середня місячна й річна відносна вологість повітря, % [48]

Станції	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Берегово	85	80	73	68	68	70	69	72	75	77	82	86	75
Ужгород	82	77	69	63	65	67	67	69	72	75	81	84	73
Великий Березний	84	80	75	70	73	74	75	77	80	81	84	86	78
Хуст	87	83	76	70	72	74	74	76	79	82	86	89	79
Нижній Студений	85	84	82	78	78	79	80	82	84	84	87	89	83
Нижні Ворота	83	81	78	74	76	78	78	80	82	81	84	86	80
Міжгір'я	84	81	77	73	75	77	78	80	82	82	85	86	80
Рахів	83	78	74	70	72	76	77	78	81	80	84	85	78

Напрямок вітру та його швидкість залежать від сезонного розподілу баричних систем і взаємодії між ними. В низовинних районах взимку переважає південно-східний вітер, навесні – південно-східний та північно-східний, влітку – північно-західний, північно-східний, а восени – південно-східний (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Повторюваність вітрів різних напрямків і штилів за рік, % [48]

Станції	Вітер								Штиль
	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх	
Ужгород	12,2	9,9	15,7	26,2	11,2	5,2	6,6	13,0	20,4
Берегово	13,8	8,4	8,6	25,3	17,5	5,9	6,6	13,9	30,9
Хуст	8,7	27,9	23,3	5,3	4,3	6,8	20,7	3,0	19,8
Великий Березний	20,7	12,1	4,4	12,0	18,1	6,9	9,7	16,1	53,0
Нижні Ворота	33,9	3,5	1,9	2,6	13,5	29,3	3,4	11,9	38,8
Нижній Студений	40,1	3,0	1,2	13,9	28,4	2,7	2,2	8,5	37,2
Рахів	4,2	24,4	13,8	4,6	12,0	29,0	9,7	2,3	53,5
Міжгір'я	16,2	9,4	4,0	14,0	28,3	3,4	3,1	21,6	55,1
Плай	8,8	12,3	7,8	4,5	12,7	37,5	8,7	7,7	11,1

Більшість метеорологічних станцій розташовані в глибоких, захищених долинах і їх дані відтворюють лише місцевий вітровий режим, а не характеризують розподіл вітру по території. Так, в районі м. Рахова переважаючий південно-західний напрям вітру співпадає з напрямком долини Тиси в якій розташована метеорологічна станція.

Середня річна швидкість вітру становить 1,2-2,4 м/с. Максимальна швидкість вітру 40 м/с зареєстрована в липні в районі Хуста, у серпні в Ужгороді – 28 м/с [48]. На високогір'ї (Сл Плай) вітер зі швидкістю 40 м/с найчастіше спостерігається з січня по березень, в літньо-осінній період 24-34 м/с. В Ужгороді сильні вітри (понад 15 м/с) частіше повторюються взимку і навесні, мають північно-східний напрям, пов'язані з вторгненням холодних повітряних мас через гори. Влітку сильні вітри пов'язані з короточасними денними шквалами й супроводжуються зливами, грозами, градом. Вони можуть завдати значної матеріальної шкоди галузям національної економіки.

Протягом року в низовинних районах найчастіше повторюється вітер зі швидкістю до 5 м/с (16-46 %), в гірських долинах до 3 м/с (15-72 %). Вітри, понад 15 м/с, які періодично повторюються на Закарпатті, є причиною катастрофічних вітровалів у гірських лісах, зокрема ялинових монокультур [78].

Характерна також гірсько-долинна циркуляція, яка відбувається під впливом випромінювання тепла й охолодження приземних шарів повітря. Гірсько-долинні вітри – періодичні. Вони вдень дмуть з долин у напрямку гір, а вночі, навпаки, особливо в долинах Ужа, Латориці, Боржави, Ріки, Тересви. Спостерігаються фени з високою температурою і пониженою відносною вологістю повітря. Вони прискорюють танення снігу, а в теплу пору року висушують повітря (вологість нижче 30%) [20].

Режим хмарності залежить від напрямку руху повітряних мас, їх вологонасиченості, а також характеру підстильної поверхні. В холодну пору року переважає хмарне небо (в січні, лютому – 50-60%; у грудні – 60-70%). З березня ймовірність хмарного стану неба зменшується до 40-50%. Найбільше

ясних днів буває у березні-квітні. Ймовірність їх у низовинно-передгірних районах досягає 50%. Найвищий відсоток ясних днів буває у південній частині області в серпні – жовтні (63-65%, Берегове), а найнижчий – (у горах 41-44%, Нижній Студений). У добовому ході хмарність зменшується в нічні, а збільшується в передранкові години. В середньому за рік спостерігається 130-170 хмарних і 70-120 ясних днів [48].

Висновки до розділу 1

1. Результати досліджень вітчизняних та закордонних вчених показують, що в процесі природного та антропогенного впливу на навколишнє середовище відбуваються постійні зміни клімату. Разом з цим збільшується кількість екстремальних та стихійних явищ погоди в різних частинах планети, в тому числі і в Україні. З них основна частина припадає на СМЯ, що пов'язані з опадами. В свою чергу це призводить до ризиків виникнення паводків, сходження селів та снігових лавин в гірських районах, затоплення низовинних територій тощо.

2. Вивченню стихійних метеорологічних явищ на території України та Закарпатської області зокрема присвячено багато наукових робіт. Основна увага вчених приділялася особливостям просторово-часового розподілу та фізичним причинам виникнення небезпечних і стихійних явищ по території держави в цілому або загалом по областях, як адміністративно-територіальним одиницям. У всіх основних роботах щодо опадів критеріїв СМЯ територія Закарпатської області досліджувалася досить поверхнево, крім монографії «Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах» та деяких наукових статей Бабіченко В. М. і Балабух В. О.

3. Фізико-географічне положення та циркуляційні особливості атмосфери над Карпатами створюють сприятливі умови для досить частого формування сильних та надзвичайних опадів над територією Закарпатської області.

РОЗДІЛ 2

ВХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Огляд нормативних документів стосовно критеріїв СМЯ

В другій половині ХХ ст. критерії небезпечних (НЯ), особливо небезпечних (ОНЯ), а вже з 1986 року стихійних (СГЯ) явищ погоди визначались різними нормативними документами регульованими спочатку Головним управлінням гідрометеорологічної служби при раді міністрів СРСР, а потім Державним комітетом СРСР з гідрометеорології та контролю навколишнього середовища. Згідно стандартів, до 1959 року тривалість явища на метеорологічних станціях відмічалась з точністю до чверті години, пізніше – у частках години, а з 1977 року – у годинах і хвилинах. Спостереження за всіма явищами проводились найчастіше візуально і мали певну суб'єктивність, тому їх достовірність була відносною [101].

Положення про критерії стихійних метеорологічних явищ (СМЯ) [79, 80, 81] уточнювалися у 1966, 1968, 1972, 1986, 1994 та 2019 рр. перелік яких наведено в табл. 2.1.

Так, згідно «Положення...» (1986) [79] до 1994 року діяли такі критерії СГЯ щодо атмосферних опадів:

1) сильний дощ – кількість опадів 50 мм та більше протягом 12 год та менше, а в гірських, селевих та зливонебезпечних районах – 30 мм та більше за 12 год та менше;

2) сильні снігопади – кількість опадів 20 мм та більше за 12 год і менше.

До стихійних (особливо небезпечних) гідрометеорологічних явищ відносилися такі метеорологічні, агрометеорологічні, гідрологічні та морські гідрометеорологічні явища, які за своєю інтенсивністю, районом

розповсюдження і тривалістю могли нанести або нанесли збиток народному господарству та населенню і викликати стихійні лиха [79].

Таблиця 2.1

Нормативні документи, які визначали чи визначають критерії небезпечних та стихійних явищ погоди

№	Повна назва документу	Рік випуску	Період дії
1	Положение о сборе сведений и порядке предупреждений об особо опасных гидрометеорологических явлениях	1966	1966-1968
2	Положение о сборе сведений и порядке предупреждений об особо опасных гидрометеорологических явлениях	1968	1968-1972
3	Положение о сборе сведений и порядке предупреждений об особо опасных гидрометеорологических явлениях	1972	1972-1986
4	Положение о порядке составления и передачи предупреждений о возникновении стихийных (особо опасных) гидрометеорологических и гелиогеофизических явлений и экстремально высоком загрязнении природной среды	1986	1986-1994
5	Положения про порядок складання та передачі попереджень і донесень про виникнення стихійних явищ, різких змін погоди, поєднання небезпечних явищ та випадків екстремально високого забруднення природного середовища	1994	1994-2019
6	Положення про порядок складання та доведення попереджень, оперативних інформацій, оповіщень, донесень про виникнення і розвиток небезпечних та стихійних метеорологічних явищ I, II та III рівнів небезпечності	2019	від 27.12.2019 і дотепер

Згідно «Положення...» (1994) до стихійних гідрометеорологічних явищ належали такі метеорологічні, агрометеорологічні, гідрологічні і морські гідрометеорологічні явища, які за своєю інтенсивністю, районом поширення, тривалістю могли завдати або завдали значних збитків галузям економіки, населенню [81]. Відповідно до цього нормативного документу до 2019 року діяли такі критерії СГЯ стосовно опадів:

1) дуже сильний дощ, дуже сильні опади (дощ із снігом) – кількість опадів 50 мм і більше за 12 годин і менше, а у гірських, селевих лавинонебезпечних і зливонебезпечних районах – 30 мм і більше за 12 годин і менше;

2) сильні зливи – кількість опадів 30 мм та більше за 1 годину та менше;

3) тривалі дощі – кількість опадів 100 мм та більше за 1-3 доби (за винятком зливонебезпечних районів);

4) дуже сильні снігопади – кількість опадів 20 мм і більше за 12 годин і менше.

У 2019 році відбулися суттєві зміни щодо критеріїв атмосферних опадів як СГЯ однією з яких є зміна терміну «стихійні гідрометеорологічні явища» на «стихійні метеорологічні явища» (СМЯ), а також ліквідовано раніше використовуване поняття «різкі зміни погоди» (РЗП), що могло об'єднувати декілька небезпечних та стихійних явищ одночасно. З 27 грудня 2019 року Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ) запровадив нове «Положення...» [80]. Відповідно до вимог цього нормативного документу затверджено нові критерії небезпечних та стихійних метеорологічних явищ, а також змінено деяку стару та введено нову термінологію. Згідно нових нормативів по теперішній час діють наступні визначення та поняття щодо СМЯ:

1. Стихійні метеорологічні явища II рівня небезпечності (СМЯ II) – це явища природи, які за кількісними показниками, тривалістю та територією розповсюдження несуть загрозу для населення та порушують функціонування господарського комплексу країни.

2. Стихійні метеорологічні явища III рівня небезпечності (СМЯ III) – це явища природи, які за кількісними показниками, тривалістю та територією розповсюдження створюють загрозу життю людей на значних територіях, призводять до масштабних пошкоджень об'єктів господарського комплексу країни.

Рівні небезпечності – критерії, що визначають рівень загрозового впливу метеорологічних явищ на життєдіяльність населення, функціонування господарського комплексу країни чи її окремої частини [80].

Перелік видів атмосферних опадів які досягають критеріїв стихійних метеорологічних явищ наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Види атмосферних опадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III [80]

Назва явища	Критерії СМЯ II (кольорове позначення – помаранчевий)		Критерії СМЯ III (кольорове позначення – червоний)	
	кількісний показник	тривалість	кількісний показник	тривалість
Сніг	сильний сніг 20-29 мм	≤ 12 год	надзвичайний сніг ≥ 30 мм	≤ 12 год
Мокрий сніг	сильний мокрий сніг 50-79 мм	≤ 12 год	надзвичайний мокрий сніг ≥ 80 мм	≤ 12 год
Дощ	сильний дощ 50-79 мм	≤ 12 год	надзвичайний дощ ≥ 80 мм	≤ 12 год
Дощ у селенебезпечних районах	сильний дощ 30-49 мм	≤ 12 год	надзвичайний дощ ≥ 50 мм	≤ 12 год
Злива	сильна злива 30-49 мм	≤ 1 год	надзвичайна злива ≥ 50 мм	≤ 1 год
Тривалі дощі	сильні тривалі дощі 100-149 мм	> 12 год ≤ 48 год	надзвичайні тривалі дощі ≥ 150 мм	> 12 год ≤ 48 год

Отже, з роками критерії СМЯ поступово розширювалися як у кількісних так і у якісних показниках, що свідчить про збільшення різноманітності та інтенсифікації стихійних явищ.

У дисертації до уваги бралися тільки ті випадки атмосферних опадів, які за кількісними та часовими характеристиками досягали відповідних критеріїв, вказаних у табл. 2.2. Сильні та надзвичайні дощі по всіх пунктах спостережень Закарпатської області враховувалися за критеріями визначеними для селенебезпечних та зливонебезпечних районів (табл. 2.2). Перелік пунктів гідрометеорологічних спостережень, які розташовані в селе- та зливонебезпечних районах визначений УкрГМЦ та ЦГО ім. Бориса Срезневського в «Коді для передавання штормових оповіщень про фактичні небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища» [52]. Опади, які фіксувалися під час мокрих снігопадів кількістю ≥ 20 мм / ≤ 12 год прирівнювались до критерію сильного снігопаду, а кількістю ≥ 30 мм / ≤ 12 год – до критерію надзвичайного снігопаду. Таке рішення прийнято у зв'язку з трьома причинами:

- в процесі формування вибірки до бази даних було помічено, що всіма пунктами спостережень нечітко проводиться розмежування кількості опадів під час перехідних фаз;

- багато мокрих та сухих снігопадів фіксується у нічні години в поєднанні з іншими супутніми небезпечними чи стихійними явищами, що ускладнює їх візуальну фазову диференціацію;

- негативний вплив сухих та мокрих снігопадів на функціонування різних галузей національної економіки практично однаковий.

Крім цього, приріст висоти снігового покриву під час випадання сухого чи мокрого снігу, в силу різних чинників, може варіювати у досить широких межах [26, 63], що має дуже важливе значення.

Неврахування цих особливостей могло призвести до недостовірних результатів дослідження. Звичайно, для уникнення грубих помилок при проведенні вибірки сильних та надзвичайних мокрих снігопадів, застосовувались всі можливі способи. Одним із них був емпіричний доказ того, що при висоті нульової ізотерми ($H_0, ^\circ\text{C}$) більше 500 м і температурі (T) в приземному шарі повітря вище 3°C випадає дощ, а при $H_0, ^\circ\text{C} < 500$ м і $T < 3^\circ\text{C}$ – сніг або мокрий сніг [7, 39].

2.2 Первинні матеріали та їх систематизація

Вихідними матеріалами для дослідження стали дані щодо атмосферних опадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III, зібрані з 33 стаціонарних пунктів спостережень державної гідрометеорологічної мережі Закарпатської області за період часу з 1 січня 1990 року по 31 грудня 2019 року. Серед них: 10 метеорологічних станцій, 4 метеорологічні пости та 19 гідрологічних постів перелік яких наведено в табл. 2.3, а географічне розташування на рис. 2.1. В дисертацію включено також дані сніголавинної станції Пожежевська (Івано-Франківська область), розташованої на гірському хребті Чорногора, як

репрезентативного пункту спостережень для високогір'я східної частини території Закарпатської області.

Таблиця 2.3

Стаціонарні пункти державної гідрометеорологічної мережі
дані яких використані в дослідженні

№	Назва пункту	Індекс пункту	Географічні координати		Висота (м н.р.м.)
			широта (пн.)	довгота (сх.)	
1	М Берегово	33634	48° 13' 02''	22° 38' 12''	112
2	АМСЦ Ужгород	33631	48° 37' 58''	22° 15' 39''	115
3	М Хуст	33638	48° 11' 07''	23° 16' 49''	166
4	М Великий Березний	33514	48° 54' 05''	22° 27' 19''	209
5	М Рахів	33647	48° 03' 08''	24° 12' 00''	438
6	М Міжгір'я	33633	48° 31' 26''	23° 30' 23''	456
7	М Нижні Ворота	33517	48° 46' 30''	23° 05' 49''	500
8	М Нижній Студений	33518	48° 42' 10''	23° 22' 01''	615
9	Сл Плай	33515	48° 39' 59''	23° 11' 49''	1330
10	Сл Пожежевська	33646	48° 09' 14''	24° 32' 03''	1439
11	МП Заломисько	немає	48° 38' 01''	23° 20' 10''	800
12	МП Лозянське	немає	48° 33' 09''	23° 26' 04''	570
13	МП Пилипець	44067	48° 34' 15''	23° 35' 10''	750
14	МП Торунь	немає	48° 40' 23''	23° 41' 07''	640
15	ГП Великий Бичків	44010	47° 58' 03''	24° 00' 22''	295
16	ГП Верхні Ремети	44080	48° 15' 44''	22° 51' 30''	122
17	ГП Вилोक	44019	48° 05' 47''	22° 50' 13''	118
18	ГП Довге	44079	48° 22' 00''	23° 17' 08''	174
19	ГП Жорнава	44108	48° 59' 22''	22° 37' 45''	331
20	ГП Зарічево	44113	48° 46' 13''	22° 29' 57''	160
21	ГП Зняцево	44100	48° 29' 28''	22° 31' 03''	110
22	ГП Колочава	44046	48° 25' 26''	23° 41' 34''	525
23	ГП Луги	44028	48° 03' 47''	24° 26' 15''	632
24	ГП Майдан	44062	48° 36' 50''	23° 26' 50''	504
25	ГП Нересниця	44036	48° 06' 51''	23° 46' 09''	302
26	ГП Підполоззя	44085	48° 44' 35''	23° 01' 15''	364
27	ГП Руська Мокра	44038	48° 20' 39''	23° 54' 33''	552
28	ГП Свалява	44087	48° 33' 11''	22° 58' 49''	196
29	ГП Сімер	44124	48° 44' 03''	22° 30' 53''	155
30	ГП Тячів	44013	48° 00' 17''	23° 34' 38''	214
31	ГП Усть-Чорна	44034	48° 19' 49''	23° 55' 39''	524
32	ГП Чоп	44023	48° 24' 56''	22° 11' 04''	104
33	ГП Ясіня	44025	48° 16' 21''	24° 21' 31''	650

Примітка: М – метеорологічна станція, АМСЦ – авіаметеорологічна станція (цивільна), Сл – сніголавинна станція, МП – метеорологічний пост, ГП – гідрологічний пост

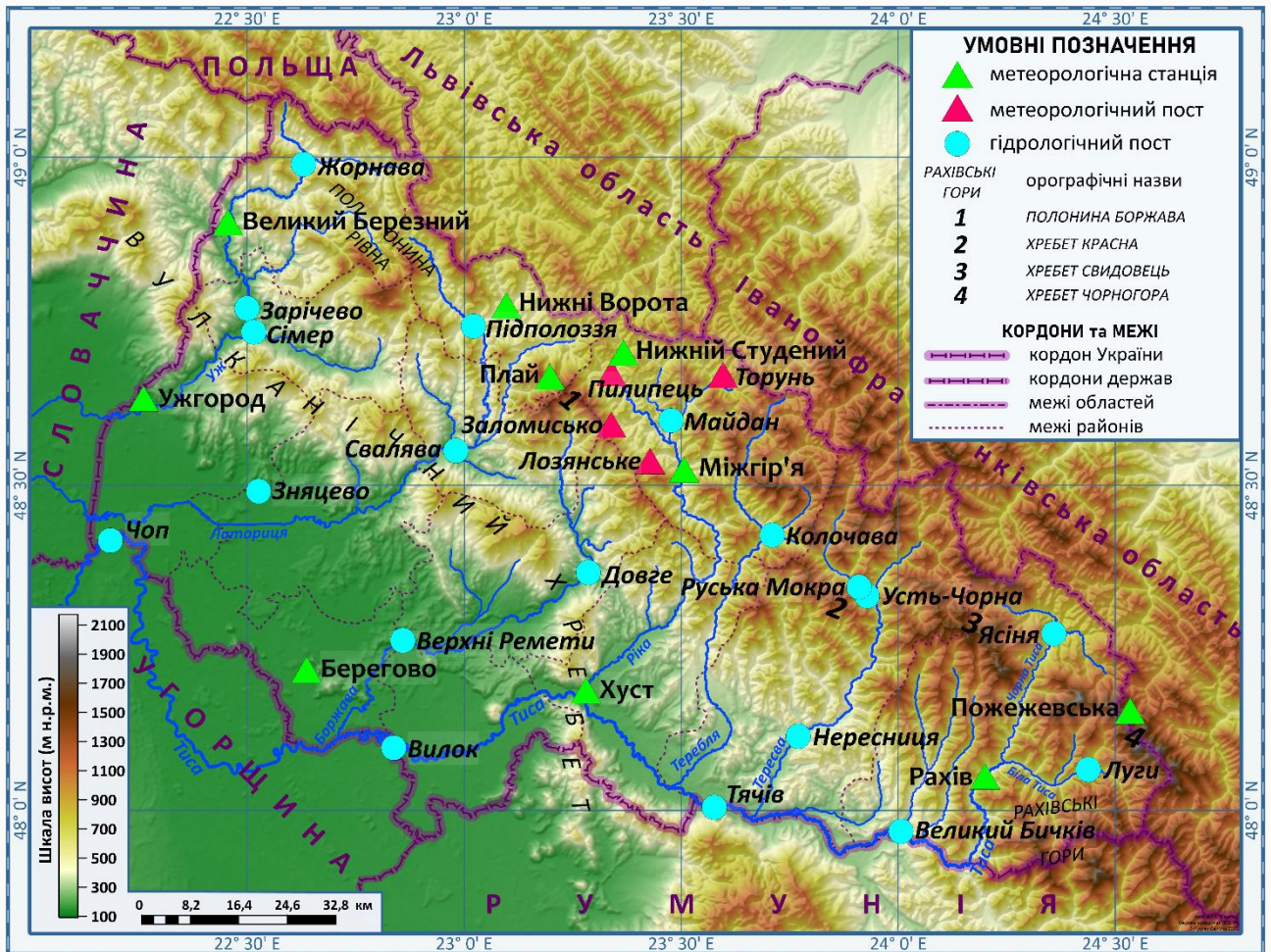


Рис. 2.1. Географічне розташування гідрометеорологічних пунктів спостережень дані яких використані в дослідженні

Вся гідрометеорологічна мережа Закарпатської області налічує більше пунктів спостережень ніж використано в дослідженні. Обмеження кількості задіяних пунктів відбулося через те, що деякі гідрологічні пости були закриті у 80-90-х роках ХХ ст., а відновлення спостережень відбулося тільки після катастрофічних паводків 1998 та 2001 рр., деякі пости відкрились вперше в історії ведення спостережень. Серед таких постів: Кобилецька Поляна, Косівська Поляна, Ділове, Нижній Бистрий, Черногорова, Тур'я Поляна, Поляна, Мукачево, Іршава, Колодне і метеопост Драгобрат. Відсутність даних спостережень за 10-12 років порушило цілісність статистичного ряду. Тому, для забезпечення часової репрезентативності у дослідженні, використовувались дані тільки тих пунктів, які проводили безперервні метеорологічні спостереження за опадами протягом 1990-2019 рр.

Вищевказаний період для дослідження було обрано у зв'язку з тим, що він відображає найсучасніші кліматичні зміни в динаміці опадів за останнє тридцятиріччя. Згідно з рекомендаціями Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) [89, 90, 95] він є типовим тридцятирічним періодом для здійснення кліматичних досліджень, який також майже хронологічно співпадає з майбутнім стандартним періодом для довгострокової оцінки зміни клімату, що охоплюватиме період часу з 1 січня 1991 року по 31 грудня 2020 року.

Вся інформація по метеорологічним станціям отримана у формі вибірки із щомісячних «Таблиць метеорологічних і агрометеорологічних спостережень (ТСГ-1)» де вміщено дані про кількість опадів та їх фазовий стан за 12 год в розподілі день/ніч. Для уточнення кількості та тривалості опадів, а також виявлення одиничних випадків СМЯ, які дискретно не охоплювались ТСГ-1, використано текстові донесення про СГЯ отримані безпосередньо Закарпатським ЦГМ від метеорологічних станцій. На третьому етапі проводилася звірка даних отриманих з попередніх джерел інформації з базою даних METEOBASE розробленою УкрГМЦ в яку внесені дані штормових оповіщень з метеостанцій згідно коду WAREP [52] та з даними вміщеними в щорічних «Оглядах погоди та стихійних гідрометеорологічних явищ на території України», які видаються УкрГМЦ спільно з ЦГО ім. Бориса Срезневського.

З метеорологічних постів інформація отримана із щомісячних «Таблиць метеорологічних спостережень (ТМ-8)» в яких фіксується кількість та фазовий стан опадів за 12 год в розподілі день/ніч. Також дані про опади критеріїв СМЯ II і СМЯ III уточнювалися з донесень про СГЯ Закарпатської воднобалансової станції (М Міжгір'я), якій підпорядковані всі метеопости задіяні у дослідженні.

По гідрологічним постам дані також зібрані з «Таблиць ТМ-8». Якщо за всі роки дослідження таких таблиць не вистачало дані доповнювалися зі щомісячних «Книжок для запису гідрологічних спостережень (КГ-1М)» де наведена ідентична інформація щодо опадів.

Зібрана інформація про сильні та надзвичайні опади з вищеперерахованих джерел звірялася із загальнодоступними даними в мережі інтернет [113, 115].

Програма ведення метеорологічних спостережень за опадами як для станцій так і для постів завжди була уніфікована, що дало можливість об'єднати зібрану інформацію для дослідження у єдину базу даних створену в середовищі Microsoft Excel 2016. Структура бази даних по атмосферним опадам представлена на рис. 2.2 , а розподіл інформації наведеної в ній по категоріям СМЯ наведено в табл. 2.4.

Рис. 2.2. Структура «БД_опад_СМЯ_1990-2019 pp.»

Таблиця 2.4

Розподіл інформації в базі даних по категоріям СМЯ

Назва явища	Кількість одиночних випадків	Назва явища	Кількість одиночних випадків
Сильні снігопади	446	Надзвичайні снігопади	132
Сильні дощі	2019	Надзвичайні дощі	308
Сильні зливи	21	Надзвичайні зливи	-
Сильні тривалі дощі	153	Надзвичайні тривалі дощі	25
Всього - 3104 одиничні випадки			

Внесення даних у базу з усіх пунктів спостережень здійснювалося в хронологічному порядку фіксації всіх одиничних випадків СМЯ починаючи з січня 1990 року по грудень 2019 року. При внесенні СМЯ спочатку перевага надавалась метеорологічним станціям (якщо такі ними фіксувалися), потім записувалися метеорологічні пости, а вкінці – гідрологічні пости. Кількість опадів записувалася з точністю до десятих значень міліметра. Для уникнення часового та кількісного перекриття СМЯ, тобто їх часткового дублювання, застосовувались певні правила при внесенні даних:

1. Якщо на одному пункті спостережень за інтервал часу, що перекривається, одночасно фіксувалися два СМЯ, то перевага, при внесенні даних, надавалася явищу з більшим кількісним показником. Наприклад, якщо за день (06⁰⁰-18⁰⁰ UTC) з 11⁰⁰ до 14³⁰ випало 32,5 мм дощу, а за період часу з 08⁰⁰ до 16⁰⁰ – 47,6 мм дощу, то в базу даних вносилося тільки більше значення.

2. Якщо на одному пункті спостережень за інтервал часу, що перекривається, фіксувалися два СМЯ різних критеріїв (СМЯ II та СМЯ III), то перевага надавалася явищу з вищим рівнем небезпечності. Наприклад за ніч (18⁰⁰-06⁰⁰ UTC) з 19⁴⁰ до 23³⁰ випало 34,7 мм, а з 20⁰⁰ до 05⁴⁵ – 63,2 мм дощу, то в базу даних вносилося тільки більше значення.

3. При фіксуванні СМЯ на межі дня і ночі чи навпаки, порівнювалася кількість опадів, яка випала в суміжні періоди (день/ніч) з кількістю, що випала за період тривалості СМЯ зафіксований у донесенні про СГЯ чи штормовому оповіщенні. Наприклад з 15³⁰ до 22⁰⁰ UTC випало 33,7 мм дощу, натомість з 06⁰⁰ до 18⁰⁰ (день) – 41,8 мм, а з 18⁰⁰ до 06⁰⁰ (ніч) – 24,3 мм дощу, то в базу даних вносилися тільки опади за весь день.

Аналогічні правила застосовувалися і у випадках зі снігопадами. Звичайно, ці правила не стосувалися відбору сильних та надзвичайних тривалих дощів, де часовий та кількісний діапазон у будь-якому разі перекривав всі інші одиничні випадки СМЯ.

Соціально-економічні збитки, завдані в результаті негативного впливу сильних та надзвичайних опадів, не розглядалися. Завдання оцінки можливих

або фактичних економічних втрат від СМЯ не ставилося у зв'язку з тим, що відомості про збитки на обласному рівні не систематизовані. Така інформація є тільки на державному рівні в обмеженому обсязі по конкретним випадкам СМЯ, які мали катастрофічний характер. Як правило це опис збитків від паводків на річках.

2.3 Методика проведення дослідження

2.3.1 Статистичний аналіз

Для стихійних метеорологічних явищ, особливо опадів, властива значна мінливість у просторі та часі через що їх геопросторові поля надзвичайно строкаті. Це призводить до серйозних ускладнень при їх дослідженні та потребує застосування специфічних підходів при вивченні.

В даній роботі запропоновано та реалізовано компонентний підхід щодо вивчення просторово-часового розподілу сильних та надзвичайних опадів. Він базується на окремому дослідженні часових та просторових характеристик опадів критеріїв СМЯ. Звичайно такий підхід є відносним оскільки повністю розмежувати категорії простору та часу по відношенню до опадів неможливо тому що зміни в часі відбиваються і в просторі.

Узагальнення емпіричних даних багаторічних рядів метеорологічних спостережень завжди проводяться при кліматологічних дослідженнях різних метеорологічних об'єктів, процесів та явищ. Саме тому статистичний аналіз є невід'ємною складовою дослідження просторово-часового розподілу метеорологічних елементів та їх величин за багаторічний період [23, 24, 34, 110]. Застосування статистичного аналізу в даній дисертації визначається структурою даних вибірки та характеризується специфічними особливостями як у виборі методів дослідження, так і в оцінці та інтерпретації результатів.

Первинні статистичні розрахунки та оціночні порівняння їх результатів з попередніми дослідження [59, 100, 101] показали необхідність застосування децю інших підходів до вивчення сильних та надзвичайних опадів на території Закарпатської області на чому наголошували й інші вчені. Так як в основу статистичного аналізу попередніх робіт покладено поняття «випадок СМЯ», яке різні дослідники трактують по різному, було зроблено певні конкретизації. Виходячи з теми дисертації, основною понятійною категорією є стихійне метеорологічне явище (сильні чи надзвичайні опади), яке згідно [80] ідентифікується чіткими критеріями – кількістю опадів та їх тривалістю. Тому в дисертації, для достовірного відображення просторово-часового розподілу, застосовано поняття «одиничний випадок» та «випадок».

При дослідженні часової динаміки сильних та надзвичайних опадів, в першу чергу, використовувалося поняття «одиничний випадок» – зафіксоване СМЯ конкретним пунктом спостережень за визначений інтервал часу (≤ 12 год крім тривалих дощів) незалежно від одночасної фіксації сильних і надзвичайних опадів на інших пунктах. Тому в роботі основна частина графічної (графіки, гістограми, діаграми, карти) та статистичної (розрахунки) інтерпретації результатів побудована на основі «одиничних випадків». Такий підхід дозволив виявити найдетальніші часові коливання повторюваності та кількості опадів за досліджуваний період у вигляді річних, сезонних та місячних циклів різної тривалості, а також виявити інші особливості.

При просторовому аналізі даних, крім одиничних випадків, також застосовувалося поняття «випадок» – зафіксоване СМЯ тільки одним (локальне СМЯ), кількома чи всіма пунктами спостережень за однаковий інтервал часу (≤ 12 год крім тривалих дощів) на території області. Тому для уточнення просторового розподілу сильних і надзвичайних опадів виконана хронологічна систематизація всіх зафіксованих СМЯ (3104 одиничні випадки по всіх пунктах спостережень), яка дозволила виділити 823 випадки сильних і надзвичайних опадів за 30 років (1990-2019 рр.). Така систематизація виконана для просторово-часового узагальнення локалізованих точкових даних мережі

спостережень та виявлення опадів, що одночасно та практично безперервно випадали на значних площах.

В тексті дисертації, під час аналізу того чи іншого СМЯ, завжди конкретизувалося про що йде мова – випадок чи одиничний випадок.

При статистичному аналізі обов'язково проводяться математичні розрахунки основних характеристик опадів з врахуванням структури даних вибірки у локальному та загальному масштабі [50, 51, 55]. Під поняттям «загальний масштаб», в даному випадку, мається на увазі об'єм всієї вибірки (опади критеріїв СМЯ за 30-річний період – 1990-2019 рр.) отриманої з генеральної сукупності (всі опади за цей період). Під «локальним масштабом» розуміються окремі інтервальні варіаційні ряди вибірки за конкретний період часу від декількох годин до діб. Наприклад з 06⁰⁰ UTC 16 листопада до 06⁰⁰ UTC 18 листопада 1995 року на 15 пунктах спостережень Закарпатської області випали сильні та надзвичайні дощі й мокрі снігопади кількістю опадів від 20,9 до 68,2 мм. В даний інтервальний варіаційний ряд на локальному масштабі входять опади різних кількісних та якісних категорій – СМЯ II та СМЯ III (сильні та надзвичайні дощі, сильні та надзвичайні мокрі снігопади), що теж має вагоме значення. Якщо при статистичних розрахунках повторюваності, кліматичних норм, середніх квадратичних відхилень, коефіцієнтів варіацій опадів тощо об'єднати ці дані в один випадок, як мінімум відбудеться нівелювання істинних значень характеристик опадів [16].

Статистична обробка вхідних даних щодо сильних та надзвичайних опадів, з отриманням багаторічних величин, проводилася з використанням методів математичної статистики. Кінцевий аналіз матеріалів здійснювався за результатами картографування та за графіками і діаграмами річного, сезонного та місячного ходу, а також за допомогою інших методів кліматологічної обробки метеорологічної інформації [5, 51, 109, 110].

Найбільш поширеною в кліматології статистичною величиною даних вибірки є середня арифметична (багаторічна) величина ($\bar{x}$), яка розраховувалася за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (2.1)$$

де x_i – окремі значення досліджуваної ознаки, n – кількість років, випадків чи одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів або спостережень.

Для характеристики мінливості сильних та надзвичайних опадів були розраховані середні квадратичні відхилення (σ) окремих значень від середньої багаторічної, а також коефіцієнти мінливості (варіації) (C_v) за загальновідомими формулами:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2.2)$$

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (2.3)$$

де x_i – кількість діб з явищем чи тривалість явища в окремі роки, сезони, місяці; $\bar{x}$ – середня багаторічна величина; n – загальна кількість випадків чи одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів.

Імовірність виникнення або повторюваність сильних та надзвичайних опадів по пунктам спостережень чи області загалом розраховувалася за формулою:

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

де m – порядковий номер члена статистичного ряду або їх кількість; n – кількість спостережень або кількість років, місяців і т. д. в статистичному ряді; P – відсоткова повторюваність (сумарна імовірність).

Для виявлення певних залежностей між мінливістю сильних та надзвичайних опадів з рельєфом місцевості розраховувалися лінійні коефіцієнти кореляції Пірсона (r_{xy}) для пунктів розташованих на різних абсолютних висотах за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.5)$$

де $\bar{x}, \bar{y}$ – вибіркові середні величини.

Встановлення кореляційних зв'язків між окремими властивостями і характеристиками сильних і надзвичайних опадів та висотами рельєфу визначалися кількісною значимістю кореляційних залежностей. При $r_{xy} = 0,0 \dots 0,1$ кореляційна залежність вважалася відсутньою, при $r_{xy} = 0,1 \dots 0,3$ – низькою, при $r_{xy} = 0,3 \dots 0,5$ – середньою, а при $r_{xy} = 0,5 \dots 1,0$ – високою.

Всі статистичні розрахунки проводились в середовищі Microsoft Excel 2016.

Методологічно дисертація побудована за принципом дедукції – від загального до конкретного. Тобто спочатку дається характеристика сильних та надзвичайних опадів в загальному, а потім конкретизуються особливості просторово-часової динаміки опадів різних фазових станів (дощ, мокрий сніг та сніг) і категорій – СМЯ II та СМЯ III.

Розрахунки повторюваності різних СМЯ проводилися в розрізі років, сезонів та місяців, як для всієї області загалом, так і по окремим пунктам спостережень. Зважаючи на те, що більшість пунктів спостережень це гідрологічні (19 пунктів) та метеорологічні пости (4 пункти), їх вклад у загальні результати дослідження вагомий. Наскільки відомо, у попередніх дослідженнях СМЯ, крім [59], дані постів не враховувалися, тому такий аналіз має практичну цінність.

2.3.2 Картографування отриманих результатів

Картографічне моделювання об'єктів, процесів та явищ є невід'ємною частиною будь-якого дослідження з географічною складовою. Картографування просторово-часового розподілу сильних та надзвичайних опадів є важливим етапом комплексного дослідження СМЯ у зв'язку з сучасними кліматичними змінами та їх можливими наслідками [1].

Картографування сильних та надзвичайних опадів здійснювалося за допомогою програмного пакету для картографічного моделювання Surfer 15

[60, 88, 96, 123, 124]. Використовувалися такі способи картографічного зображення як: спосіб ізоліній, спосіб кількісного фону та спосіб картодіаграм.

При створенні карт розподілу загальних абсолютних багаторічних чи сезонних показників застосовувався спосіб ізоліній. Середні багаторічні величини зображувалися способом кількісного фону. Дані щодо повторюваності різних характеристик сильних і надзвичайних опадів по пунктам спостережень представлені способом картодіаграм. Інколи, для кращої інтерпретації результатів дослідження та виявлення певних взаємозв'язків, поєднувалися різні способи картографічних зображень.

Інтерполяція проводилася методом кригінга, як такого, що найточніше використовує статистичні параметри для знаходження оптимальної оцінки в сенсі мінімального середнього відхилення значень при побудові геопросторових полів метеорологічних величин [45, 66]. Для отримання достовірних результатів моделювання полів сильних та надзвичайних опадів методом кригінга необхідна значна кількість даних вузлів як нерегулярної так і регулярної інтерполяційної сітки. Тому кригінг-інтерполяція здійснювалася на основі трансформації даних нерегулярної сітки гідрометеорологічної мережі спостережень штучним збільшенням вузлів регулярної сітки до 500 по осі X та 488 по осі Y. Всі картографічні матеріали створені в рівнокутній циліндричній проекції Меркатора з використанням тривимірної системи координат WGS-84.

В процесі роботи було зроблено висновок, що досліджувати сильні та надзвичайні опади саме на території Закарпатської області, використовуючи принцип попередніх робіт [36, 100, 101], в межах адміністративно-територіальних одиниць (в даному випадку районів) недоцільно. Це пов'язано з тим, що:

- щільність гідрометеорологічної мережі по території області вкрай нерівномірна (табл. 2.5). В деяких районах є тільки 1 пункт спостережень, а в інших від 2 до 8, що змінює просторову репрезентативність полів опадів. В середньому на один пункт спостережень припадає 387,9 км² площі області;

- територія Закарпатської області характеризується складною орографією, яка безпосередньо впливає на просторово-часовий розподіл полів метеорологічних елементів, в тому числі й опадів. Також 3 адміністративно-територіальні райони (Ужгородський, Мукачівський та Іршавський) розташовані в межах низовинної та гірської частини території області;

- межі адміністративно-територіальних районів не мають нічого спільного з фізико-географічним, ландшафтним та кліматичним районуванням області. Крім цього, у зв'язку з адміністративно-територіальною реформою, з 2021 року межі районів будуть суттєво змінені.

Таблиця 2.5

**Адміністративно-територіальний розподіл
пунктів гідрометеорологічних спостережень у Закарпатській області**

Райони	Пункти
Берегівський	Берегово, Верхні Ремети
Виноградівський	Вилок
Ужгородський	Ужгород, Чоп
Мукачівський	Зняцево
Іршавський	Довге
Хустський	Хуст
Перечинський	Сімер, Зарічево
Великобerezнянський	Великий Березний, Жорнава
Воловецький	Плай, Нижні Ворота, Підполоззя
Свалявський	Свалява
Міжгірський	Міжгір'я, Нижній Студений, Торунь, Заломисько, Пилипець, Лозянське, Майдан, Колочава
Тячівський	Тячів, Нересниця, Руська Мокра, Усть-Чорна
Рахівський	Рахів, Пожежевська*, Великий Бичків, Ясіня, Луги
<i>Примітка: Сл Пожежевська* розташована в Івано-Франківській області</i>	

Висновки до розділу 2

1. Починаючи з 60-х років ХХ ст. нормативні документи стосовно критеріїв небезпечних та стихійних метеорологічних явищ неодноразово змінювалися. У 2019 р. було змінено не тільки критерії СМЯ, але і вперше

введено нові характеристики опадів – «значні» для небезпечних та «надзвичайні» для стихійних. На жаль це унеможливило абсолютно достовірне порівняння отриманих результатів дослідження з попередніми. Одночасно з цим виникла необхідність проведення нового дослідження щодо режиму СМЯ на території Закарпатської області для виявлення сучасних тенденцій їх динаміки та розвитку, а також приведення кліматологічної інформації відповідно до нових вимог.

2. Систематизація з багаторазовою перевіркою різного роду матеріалів дала змогу уникнути грубих помилок та створити уніфіковану базу даних по сильним та надзвичайним опадам на території Закарпатської області за 1990-2019 рр. Завершальний технічний аналіз бази даних показав, що найбільша частина інформації припала на сильні дощі (65,8%).

3. Структура вибірки інформації щодо кількісних показників сильних та надзвичайних опадів, яка є основою бази даних показала необхідність застосування дещо іншого підходу порівняно з попередніми дослідженнями. В роботі вперше застосовано поняття «одиничний випадок». Для проведення статистичного аналізу розраховувалися такі характеристики: середня арифметична величина, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, імовірність виникнення (повторюваність) та коефіцієнт кореляції.

РОЗДІЛ 3

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ СИЛЬНИХ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ ОПАДІВ ПРОТЯГОМ 1990-2019 рр.

3.1 Загальна характеристика просторово-часової динаміки

3.1.1 Часова динаміка сильних та надзвичайних опадів

З 1 січня 1990 року по 31 грудня 2019 року 33 стаціонарними пунктами гідрометеорологічних спостережень всього було зафіксовано 3104 одиничні випадки дощів, мокрих снігопадів та снігопадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III, міжрічна динаміка яких представлена на рис. 3.1.

На рис. 3.1 прослідковуються значні відмінності в кількості СМЯ між різними та навіть суміжними роками. Найбільша різниця відмічається між 2000 та 2001 рр. (157 одиничних випадків), а найбільші амплітуди коливань спостерігаються між першим (1990-1999 рр.) та другим (2000-2009 рр.) десятиріччям. За досліджуваний період максимум повторюваності СМЯ припав на 1998 р. (222 одиничні випадки), а мінімум – на 1990 р. (36 одиничних випадків). Таким чином абсолютна амплітуда багаторічного ходу повторюваності СМЯ склала 186 одиничних випадків за 30 років.

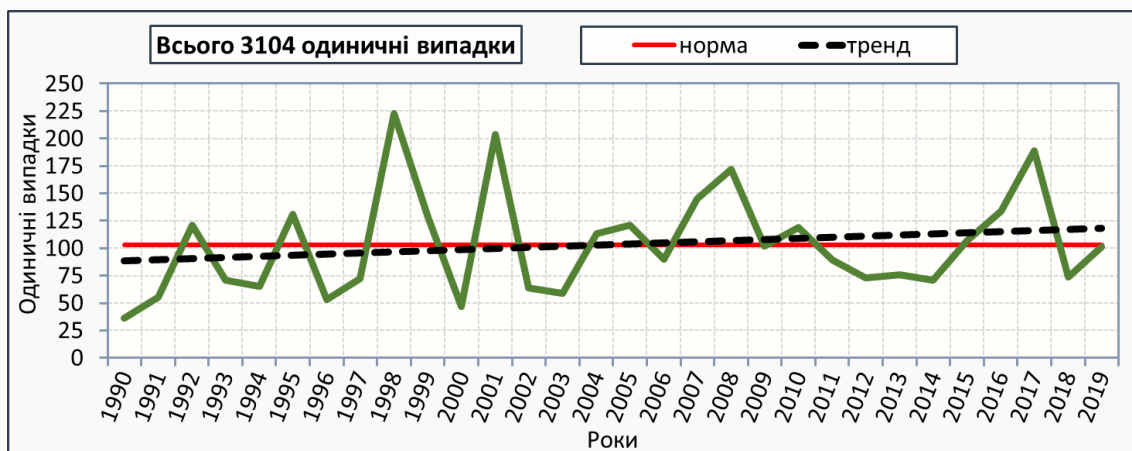


Рис. 3.1. Міжрічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області

В середньому за рік по території Закарпатської області спостерігалися 103 одиничні випадки опадів критеріїв СМЯ, що є високим показником та може умовно вважатися середньорічною кліматичною нормою. Кліматологічна норма – та чи інша характеристика клімату, яка статистично отримана з багаторічного ряду спостережень [33, 105]. Як правило, кліматичні норми розраховуються для конкретних пунктів спостережень, що показано на рис. А.1, А.2 та А.3 (ДОДАТОК А).

На рис. 3.1 виявлений додатний тренд повторюваності стихійних опадів за 1990-2019 рр. Якщо така тенденція збережеться, то у майбутньому слід очікувати збільшення кількості випадків СМЯ. Різкі міжрічні коливання повторюваності стихійних метеорологічних явищ можуть негативно позначитися на їх своєчасному прогнозуванні та адаптації до наслідків [93].

Аналіз кривої розподілу міжрічної мінливості сильних та надзвичайних опадів (рис. 3.1) виявляє певні ритми у повторюваності, а зважаючи на багаторічний період досліджень – певні цикли. Ритми – це повторення певних атмосферних (або взагалі природних) процесів чи коливання їх інтенсивності, а також пов'язані з цим коливання значень метеорологічних елементів, які не мають строго періодичний характер: амплітуда коливань при ритмах непостійна, а проміжки між настанням явища або між екстремальними значеннями не строго рівні. Ритми з великими (багаторічними) проміжками часу між повтореннями процесу або екстремальними значеннями його інтенсивності чи між екстремальними значеннями елементу, називають циклами [87, 105]. Ритмічність прослідковується щодо максимумів повторюваності у 1992, 1995, 1998, 2001, 2004 (2005), 2007 (2008), 2010 та 2016 (2017) роках. Таким чином, досить чітко виділяються 3-річні цикли повторюваності сильних та надзвичайних опадів. Винятком є тільки період з 2011 по 2015 рр. Звичайно у кількісному співвідношенні піки повторюваності не завжди співпадали, але знаходились вище середньорічного значення.

Аналіз часової динаміки сильних та надзвичайних опадів по всіх метеорологічним станціям (ДОДАТОК А, рис. А.1) також показав додатний тренд повторюваності стихійних опадів, крім метеостанції Берегово де спостерігався від’ємний тренд. Найбільш різке збільшення кількості одиничних випадків серед метеостанцій фіксується на сніголавинній станції Пожежевська – в середньому від 5 одиничних випадків протягом 1990-1999 рр. до 9 за 2010-2019 рр. Також суттєве збільшення багаторічної повторюваності опадів критеріїв СМЯ фіксується метеорологічною станцією Рахів – в середньому від 3 до 5 одиничних випадків за аналогічні десятиріччя. Найбільша середня річна повторюваність сильних та надзвичайних опадів, спостерігається на сніголавинних станціях Пожежевська (8) та Плай (6 одиничних випадків), дещо менша – на метеостанціях Міжгір’я та Рахів (по 5 одиничних випадків), а найменша – на метеостанції Берегово (1) та авіаметеостанції Ужгород (1 одиничний випадок). Найбільші відмінності в повторюваності стихійних опадів з року в рік також спостерігаються в Рахові, Міжгір’ї, а також на Плаю та Пожежевській – від 8 до 11 одиничних випадків.

На рис. А.2 відображені графіки багаторічного ходу повторюваності сильних та надзвичайних опадів по гідропостам Закарпатської області. Одразу помітно, що тренди більш рівномірні ніж у випадку з метеостанціями. В Зарічеві, Верхніх Реметах і Тячеві фіксується від’ємний тренд щодо повторюваності стихійних опадів. Чіткий додатний тренд прослідковується в Сімері, Руській Мокрій, Лугах і Великому Бичкові. Найбільші міжрічні амплітуди коливань спостерігаються в Руській Мокрій (9 одиничних випадків між 1995-1996 рр., по 11 між 1998-1999 рр. та 2000-2001 рр.), Усть-Чорній (11 одиничних випадків між 1995-1996 рр.), а також в Колочаві (12 одиничних випадків між 1998-1999 рр. та 10 між 2001-2002 рр.). Найбільша середня річна повторюваність опадів критеріїв СМЯ характерна для Усть-Чорної – 6 та Руської Мокрої – 5 одиничних випадків, а найменша – для Жорнави, Верхніх Реметів, Великого Бичкова, Вилока, Чопа та Зняцева – по 1 одиничний випадок.

Значно вища повторюваність, порівняно з гідропостами, характерна для метеопостів (рис. А.3). Найбільша середня річна повторюваність сильних та надзвичайних опадів спостерігається на МП Заломисько (7 одиничних випадків), а найменша – на МП Торунь (4 одиничні випадки). На МП Заломисько у 1998 р. був зафіксований 21 одиничний випадок стихійних опадів, що є найвищим річним показником серед всіх інших пунктів спостережень. Також тут спостерігалася найбільша міжрічна амплітуда коливань стихійних опадів з різницею у 18 одиничних випадків між 1997-1998 рр.

З усіх пунктів спостережень тільки на Плаю, Пожежевській та в Усть-Чорній кожен рік спостерігалися сильні чи надзвичайні опади. На всіх інших пунктах був хоча б один рік коли такі опади не фіксувалися.

З вищесказаного можна зробити висновок, що найбільш складна ситуація щодо часового розподілу сильних та надзвичайних опадів відмічається у високогірній та східній частині території Закарпатської області. На рис. 3.2 представлена динаміка сильних і надзвичайних опадів в розрізі пір року, що надає можливість виділити міжсезонні коливання та зміни у повторюваності опадів, які досягли критеріїв СМЯ.

З рис. 3.2 одразу помітно, що протягом останнього тридцятиріччя (1990-2019 рр.) взимку відбувалося різке збільшення одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів, про що свідчить чіткий додатний тренд та наростаюча амплітуда коливань. При цьому взимку 1991 та 1997 рр. не було жодного одиничного випадку сильних чи надзвичайних опадів, а максимум повторюваності припав на 2017 рік – 83 одиничні випадки. Очевидно, що саме в цю пору року варто очікувати інтенсивне збільшення частоти випадання опадів критеріїв СМЯ і відповідно ускладнення погодних умов. Навесні тренд практично рівномірний, отже міжрічна амплітуда варіювання кількості одиничних випадків більш-менш згладжена відносно середнього значення (19 одиничних випадків), хоч в окремі роки фіксувались суттєві відмінності з максимумом у 2001 році – 92 одиничні випадки та мінімумом у 2012 році – 1

одиничний випадок. Влітку прослідковується незначний додатний тренд повторюваності одиничних випадків. Виділяються два максимуми: 1998 р. (93 одиничні випадки) та 2008 р. (112 одиничних випадків). Саме влітку спостерігалася третина (997 одиничних випадків) всіх сильних та надзвичайних опадів, що пов'язано зі значною кількістю сильних дощів. Середньорічна повторюваність сильних та надзвичайних опадів становить 33 одиничні випадки. Тільки восени спостерігався незначний від'ємний тренд повторюваності випадків. Як і влітку, виділяються два піки: у 1992 р. (89) та у 1998 р. (109 одиничних випадків). В середньому восени фіксувалося 29 одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів.

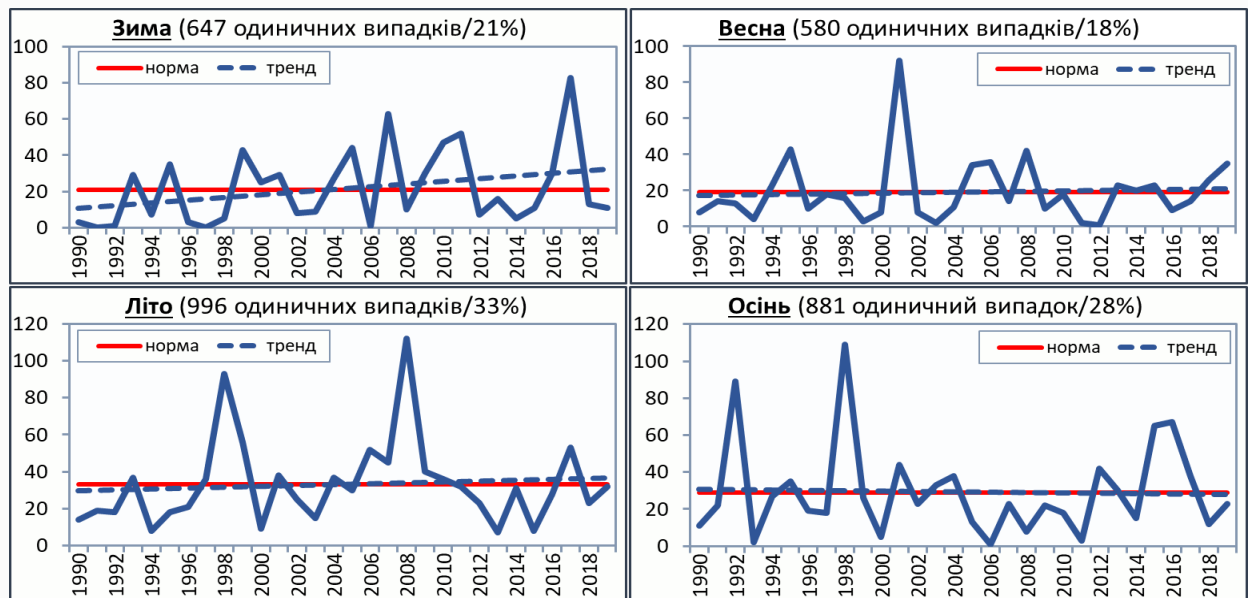


Рис. 3.2. Сезонна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

Розраховані показники варіації опадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III представлені в табл. 3.1 дають можливість виділити сезонні особливості у їх повторюваності. Середні квадратичні відхилення (σ) протягом всіх сезонів досить значні – від 18 до 25 одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів. З цього виходить, що на території Закарпатської області, в розрізі сезонів, спостерігається суттєва міжрічна мінливість повторюваності опадів

критеріїв СМЯ з максимальними відхиленнями від середніх значень ($\bar{x}$) восени (25) та влітку (23), а мінімальними весною (18 одиничних випадків). Коефіцієнти варіацій (C_v) повторюваності сильних і надзвичайних опадів в усі сезони високі – від 69 до 96%, що свідчить про значну неоднорідність варіаційних рядів даних, а отже їх значні відхилення від середніх значень ($\bar{x}$) по сезонам. Це говорить про те, що з року в рік в Закарпатській області спостерігаються значні відмінності в повторюваності сильних та надзвичайних опадів з максимумами варіації кількості випадків взимку (96%) та весною (92%), а мінімумами влітку (69%).

Таблиця 3.1

Показники варіації кількості одиничних випадків
сильних та надзвичайних опадів в різні сезони року

Пора року	Кількість одиничних випадків	% від Σ за рік	$\bar{x}$	σ	C_v (%)
Зима	647	21	21	21	96
Весна	580	18	19	18	92
Літо	996	33	33	23	69
Осінь	881	28	29	25	84

З усіх сезонів тільки взимку були роки коли не фіксувались сильні чи надзвичайні опади. Різке збільшення повторюваності одиничних випадків опадів критеріїв СМЯ взимку пояснюється підвищенням температури повітря у холодний період року, що зумовило зміну структури опадів. У Закарпатській області спостерігається тенденція до збільшення повторюваності числа днів з дощем і зменшення числа днів зі снігом, особливо взимку, яка значно посилилась з початку ХХІ ст. [9, 12]. Також це може пояснюватися більш швидкими кліматичними змінами саме в цей сезон року серед яких, можливо, матиме місце перебудова циркуляційних механізмів в атмосфері. Суттєві міжрічні коливання повторюваності сильних і надзвичайних опадів з максимальною різницею в 80-90 одиничних випадків доводять складність складання довгострокових прогнозів погоди та кліматичних прогнозів для території Закарпатської області.

В розрізі пір року також виділяються цикли повторюваності (рис. 3.2). Взимку чітко прослідковується 6-річний цикл максимумів повторюваності в 1993 р. (29), 1999 р. (43), 2005 р. (44), 2011 р. (52) та 2017 р. (83 одиничні випадки), який йде по наростаючій кривій. Весною відслідковуються менш чіткі 6-річні цикли максимумів повторюваності у 1995 р. (43), 2001 р. (92), 2008 р. (42), 2013 р. (23) та 2019 р. (35 одиничних випадків). Влітку виділяються 10-річні цикли повторюваності максимумів у 1998 р. (93), 2008 р. (112) та 2017 р. (54 одиничні випадки). Восени помітні нечіткі 6-річні цикли повторюваності максимумів фіксованих одиничних випадків СМЯ у 1992 р. (89), 1998 р. (109), 2004 р. (38), 2012 р. (42) та 2016 р. (67 одиничних випадків).

Отже, в Закарпатській області, в усі пори року спостерігається суттєва міжрічна мінливість повторюваності одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів. Найпомітніші зміни повторюваності зафіксовані взимку та влітку.

Розрахунок основних статистичних показників варіації опадів критеріїв СМЯ в розрізі місяців (табл. 3.2) показав детальний розподіл їх повторюваності, який не був виявлений раніше.

Таблиця 3.2

Показники варіації кількості одиничних випадків
сильних та надзвичайних опадів в різні місяці року

Місяці	Одиничні випадки	% від Σ за сезон	% від Σ за рік	$\bar{x}$	σ	C_v (%)
грудень	322	50	10	11	15	139
січень	158	24	5	5	9	163
лютий	167	26	5	5	7	131
березень	269	47	9	9	17	195
квітень	113	19	4	4	4	107
травень	198	34	6	7	7	106
червень	276	28	9	9	7	80
липень	419	42	14	14	14	99
серпень	302	30	10	10	8	83
вересень	198	23	6	7	6	84
жовтень	292	33	9	10	11	118
листопад	391	44	13	13	17	131

Найбільша частка одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів від їх загальної суми за рік припала на липень (14%), листопад (13%), серпень та грудень (по 10%), а найменша – на квітень (4%), січень та лютий (по 5%). Найвища середньомісячна повторюваність опадів як СМЯ, тобто кліматична норма, характерна для липня (14), листопада (13) та грудня (11 одиничних випадків), а найнижча – для квітня (4), січня та лютого (по 5 одиничних випадків). Середні квадратичні відхилення по місяцям зазнають суттєвих змін у порівнянні з сезонами. Найбільші відхилення від середніх значень виявлені в грудні (15), березні (17), липні (14) та листопаді (17 одиничних випадків), найменші – у квітні (4) та вересні (6 одиничних випадків). Місячні коефіцієнти варіацій, на відміну від сезонних, суттєво відрізняються. Максимальні з них припали на грудень (139%), січень (163%) та березень (195%), а мінімальні – на червень (80%), серпень (83%) та вересень (84%). Такі результати розрахунків свідчать про дуже сильні варіації місячної повторюваності сильних та надзвичайних опадів в Закарпатській області в грудні, січні, березні та листопаді і трохи менші – у квітні, червні, серпні та вересні.

Аналіз міжрічної мінливості сильних та надзвичайних опадів по місяцям (рис. 3.3) показав, що найбільший ріст повторюваності одиничних випадків характерний для грудня, січня, травня, червня та листопада у вигляді додатного тренду. Активне падіння повторюваності властиве для липня та особливо жовтня. У лютому, березні, квітні, серпні та вересні прослідковуються незначні зміни щодо повторюваності. Загалом, серед усіх місяців, переважає тенденція до збільшення частоти випадання опадів критеріїв СМЯ.

Особливу увагу привертає різке падіння повторюваності одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів у жовтні (в середньому від 17 за 1990-1994 рр. до 9 за 2015-2019 рр.) та їх різкий ріст у листопаді (від 5 до 25 за аналогічний період). Причиною таких помітних змін може бути перебудова циркуляційних механізмів в атмосфері. В січні, лютому, березні, квітні, травні, липні, серпні, вересні, жовтні, листопаді та грудні були роки коли жодного разу не фіксувались сильні чи надзвичайні опади.

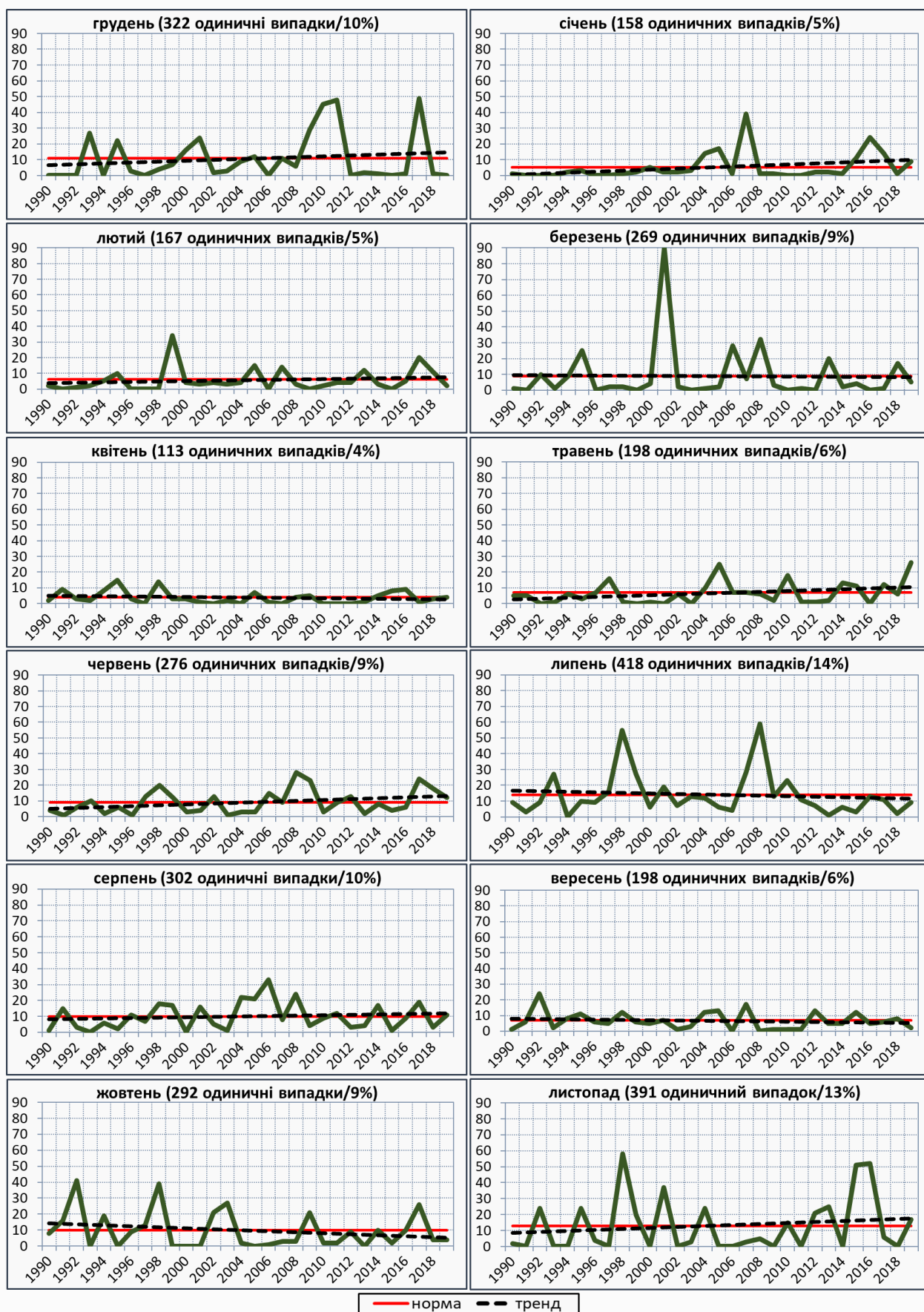


Рис. 3.3. Місячна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

Винятком є тільки червень де кожен рік фіксувався хоча б один одиничний випадок СМЯ. Найбільш динамічна крива розподілу випадків у грудні, березні, липні, жовтні та листопаді. Це дає змогу сказати, що саме в ці місяці в атмосфері відбуваються різкі зміни у процесах опадоутворення над Закарпатською областю, які призводять до формування сильних та надзвичайних опадів. З рис. 3.4 помітно, що максимум стихійних опадів припав на березень 2001 року (90 одиничних випадків). Саме тоді відбувся катастрофічний паводок на річках Закарпатської області від якого сумарні збитки на той час становили 317 млн. грн., а також було підтоплено 255 населених пунктів, 33580 будинків, знеструмлено 98 населених пунктів, через що майже 14 тисяч осіб відселили та евакуювали [15, 69].

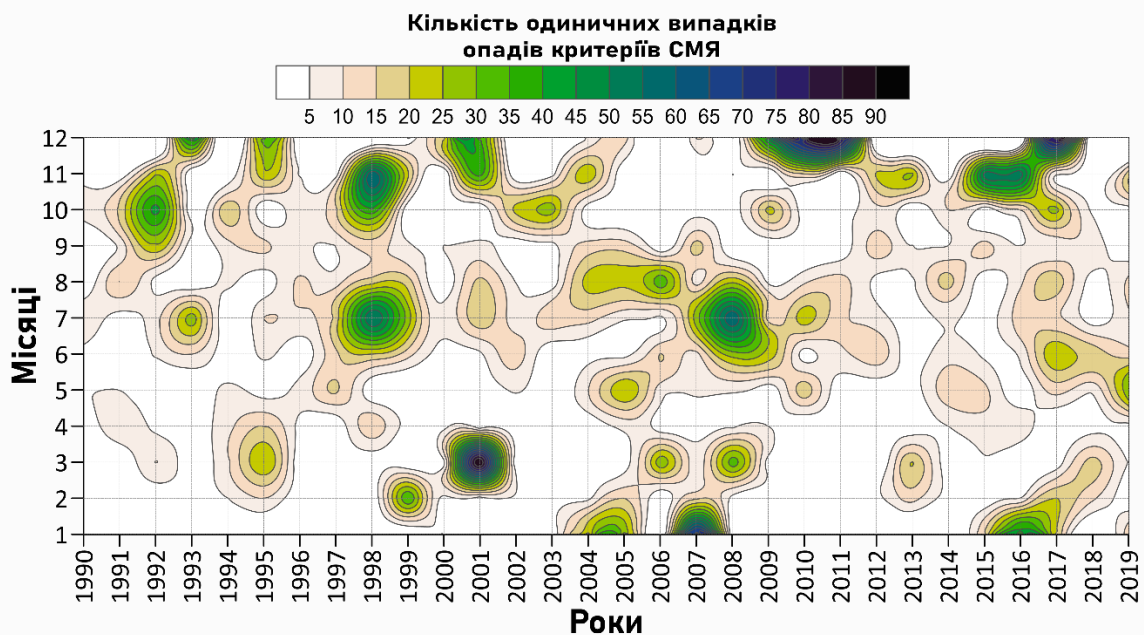


Рис. 3.4. Міжрічна та сезонна мінливість повторюваності кількості одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів за 1990-2019 рр.

Аналіз кривих розподілу місячної мінливості сильних та надзвичайних опадів (рис. 3.3) виявляє певні цикли у їх повторюваності. Найбільш чітко циклічність прослідковується щодо максимумів повторюваності у грудні (8-річні цикли), червні (10-річні), липні (5-річні до 2008 р.), серпні (7-річні, а також 3-річні з 1998 р.), жовтні (6-річні) та листопаді (3-річні).

В процесі дослідження, чіткого річного ходу повторюваності сильних і надзвичайних опадів протягом 1990-2019 рр. не виявлено (рис. 3.5). Можна виділити максимуми (липень, жовтень і грудень) і мінімуми (січень, лютий і квітень) повторюваності опадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III. З цього виходить, що липень, листопад і грудень є потенційними паводкобезпечними місяцями року не тільки у зв'язку з максимальною повторюваністю СМЯ, але й через суттєву перевагу дощів над снігопадами та мокрими снігопадами.

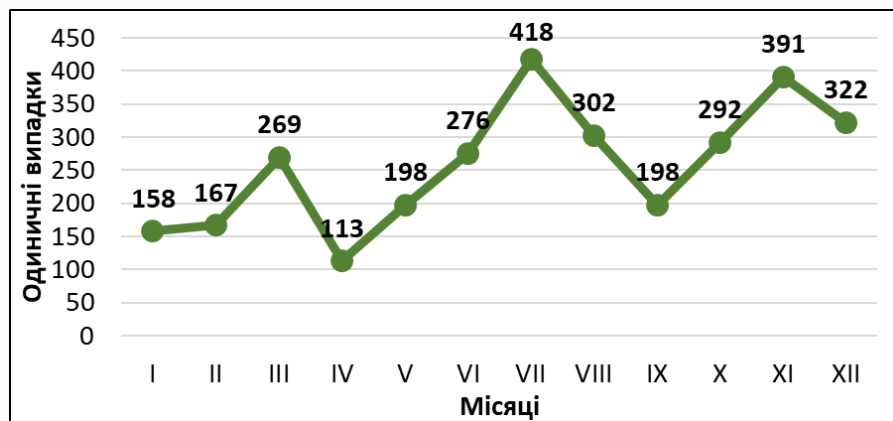


Рис. 3.5. Річний хід повторюваності сильних та надзвичайних опадів протягом 1990-2019 рр.

Одними з найважливіших характеристик атмосферних опадів є їх кількість, інтенсивність та тривалість. Кількість опадів виражається висотою шару води (в міліметрах), який утворився б на поверхні, якщо б опади, які випали не стікали, не випаровувалися і нікуди не просочувалися [32, 64, 82]. На всіх пунктах гідрометеорологічних спостережень опади вимірюють з точністю до 0,1 мм. Шар води висотою 1 мм на площі 1 м² відповідає об'єму води 1 л або 1 дм³. Інтенсивність опадів – це шар опадів, які випадають за одиницю часу, зазвичай за 1 хв та розраховується за формулою [87]:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (3.1)$$

де i – інтенсивність опадів (мм/хв); h – висота шару опадів (мм); t – тривалість опадів (хв).

Кількість опадів, яка випадає на певній території є найважливішим показником гумідності чи аридності. Гумідним вважається клімат з надлишковим зволоженням, в якому опади перевищують випаровування та просочування води в ґрунт. При цьому надлишок води видаляється поверхневим стоком у вигляді потоків і річок. Для гумідного клімату характерна лісова рослинність [105]. Згідно класифікації кліматів Кеппена територія Закарпатської області відноситься до типу Dfb (вологого континентального клімату з теплим літом) (рис. 3.6).

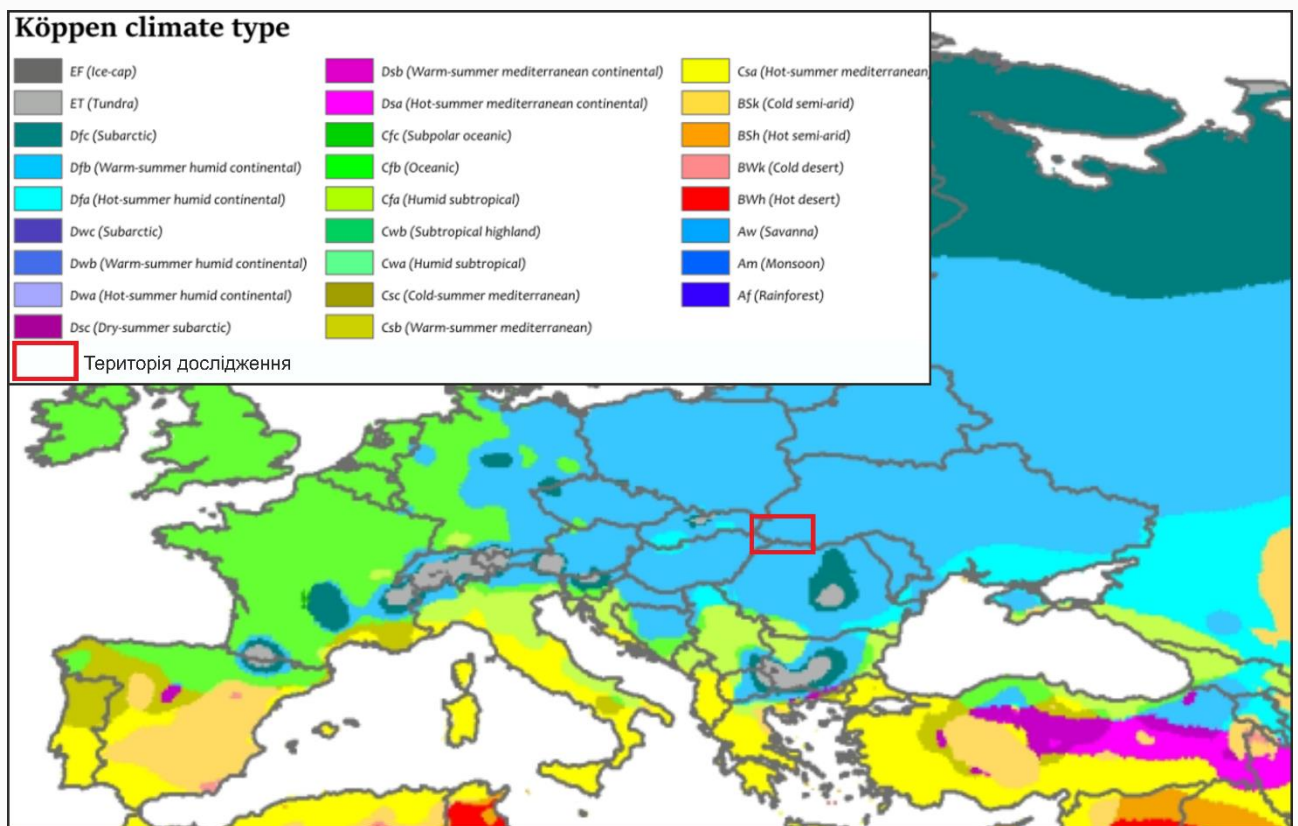


Рис. 3.6. Поділ території Європи за класифікацією кліматів Кеппена [72]

Зважаючи на наявність надлишкового зволоження на території Закарпатської області, кліматична характеристика просторово-часового розподілу кількості та інтенсивності опадів матиме важливе практичне значення. На рис. 3.7 відображено динаміку кількості опадів (мм) під час всіх зафіксованих СМЯ протягом 1990-2019 рр. крім випадків сильних та надзвичайних тривалих дощів, які доцільно досліджувати окремо, оскільки

вони за тривалістю та кількістю перевищують всі інші категорії опадів. Інтерпретація всіх одиничних випадків СМЯ за принципом фізичної та хронологічної послідовності, тобто без осереднення, узагальнення чи зміщення у часовому масштабі, дала можливість відслідкувати найменші коливання кількості опадів протягом 1990-2019 рр.

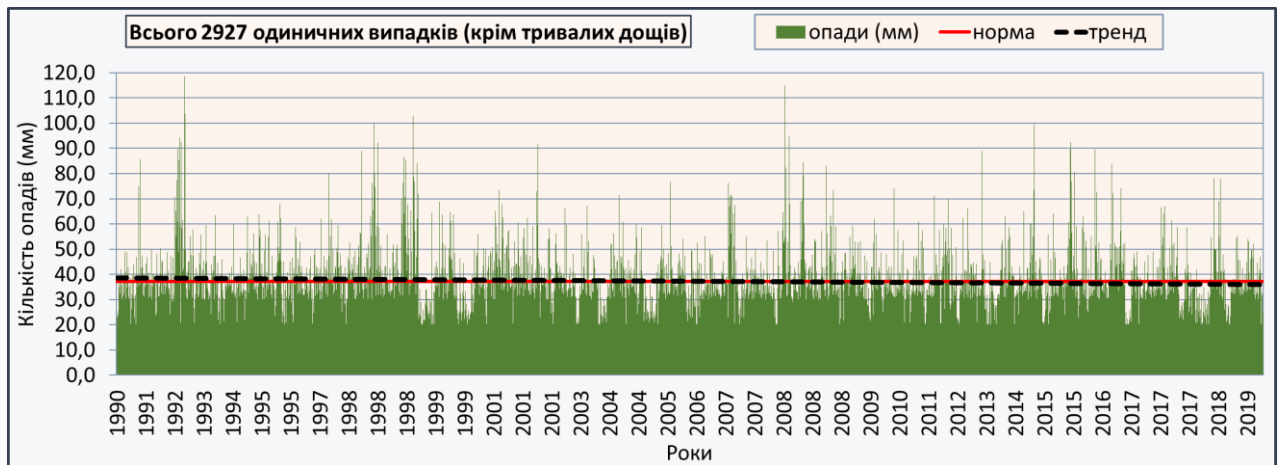


Рис. 3.7. Динаміка кількості опадів (мм) за ≤ 12 год під час всіх одиничних випадків СМЯ (крім тривалих дощів)

Як помітно з рис. 3.7 кількість опадів, яка випадає під час сильних та надзвичайних дощів і снігопадів за ≤ 12 год варіює в широких межах – від 20,0 мм снігу до 118,6 мм дощу із суттєвим розмахом варіації – 98,6 мм. Розраховане середнє квадратичне відхилення становить 11,6 мм, що говорить про досить широкі коливання кількості опадів. В середньому під час СМЯ випадає 37,2 мм опадів. Виходячи з цього, під час СМЯ, кількість опадів зазвичай варіює в межах від 25,6 до 48,8 мм. Проте розрахований коефіцієнт варіації становив 31%, що умовно свідчить про однорідність вибірки, тобто не надто часті відхилення кількості опадів під час СМЯ від середнього значення. Отже, хоч кількість опадів варіює в широких межах, частота випадання надзвичайних опадів порівняно з сильними – незначна. Проте такі твердження є відносним у зв'язку із суттєвим переважанням дощів над снігопадами, що буде проілюстровано нижче. Незначний від'ємний тренд (рис. 3.7) показує

тенденцію до зменшення кількості опадів під час СМЯ за досліджуваний період.

Аналіз рис. 3.7 дозволяє виділити роки підвищеної та зниженої водності за рахунок нерівномірного розподілу кількості опадів під час СМЯ, які є головними причинами формування паводків на річках Закарпатської області. В 1992, 1998, 2001, 2007, 2008 та 2015 роках спостерігались максимуми повторюваності надзвичайних опадів (від 50,0 до 118,6 мм за ≤ 12 год). У 1990, 1993, 1994, 1996, 2000, 2002, 2003, 2006, 2009 та 2011 роках фіксувалися мінімуми повторюваності надзвичайних опадів (від 50,0 до 71,2 мм за ≤ 12 год). Чіткої циклічності у повторюваності кількості опадів під час СМЯ не виявлено.

Більш детальна картина розподілу повторюваності кількості опадів під час СМЯ представлена на рис. Б.1, Б.2 та Б.3 (ДОДАТОК Б) по пунктам спостережень.

В середньому найбільша кількість опадів під час СМЯ, серед метеостанцій (рис. Б.1), випадає в Берегові та Ужгороді – від 38,1 до 38,2 мм. Проте такі опади є досить рідкісними (10-13 одиничних випадків за 30 років), а показники отримані із загальної кількості всіх СМЯ, яких спостерігається значно менше ніж наприклад у Рахові чи Нижніх Воротах. Стихійні опади $\geq 38,0$ мм значно частіше фіксуються на Пожежевській та Плаю (54-55 одиничних випадків за 30 років) хоч середня кількість опадів тут менша – від 32,8 до 36,2 мм у зв'язку з тим, що загальна кількість СМЯ значно більша. Репрезентативніші дані наведені в наступному підрозділі при аналізі сильних та надзвичайних опадів за фазовим станом та категоріями СМЯ. На всіх метеостанціях, як і в загальному, спостерігається від'ємний тренд повторюваності кількості опадів під час СМЯ. Тільки в Міжгір'ї нейтральний тренд. Найбільш різке падіння повторюваності кількості опадів фіксується в Нижніх Воротах та Великому Березному. Максимальна кількість стихійних опадів серед метеостанцій (без врахування тривалих дощів) протягом 1990-2019 рр. зафіксована на Сл Плай – 100,0 мм дощу з 03⁰⁰ до 12⁰⁰ год UTC 12 серпня 2014 року.

Серед гідропостів (рис. Б.2), в середньому, найбільша кількість стихійних опадів випадає в Руській Мокрій та Колочаві – від 39,5 до 39,6 мм. Повторюваність опадів $\geq 39,6$ мм в Руській Мокрій становить 51 одиничний випадок за 30 років, а в Колочаві – 38 одиничних випадків за аналогічний період. На більшості гідропостів, як і в загальній тенденції по області, фіксується спад повторюваності кількості опадів під час СМЯ. Найбільші падіння тренду спостерігаються в Жорнаві, Великому Бичкові та Підполоззі. Проте у Вилоку, Чопі, Тячеві та Ясінях фіксується чіткий додатний тренд, чого не було відображено по метеостанціям. У Вилоку сильні та надзвичайні опади протягом 1990-1998 рр. не фіксувалися. В цьому пункті найнижча повторюваність всіх опадів критеріїв СМЯ – 19 одиничних випадків за 30 років. При цьому саме у Вилоку протягом 2000-2019 рр. спостерігається тенденція до збільшення кількості як самих одиничних випадків СМЯ так і кількості опадів, що випадають під час сильних та надзвичайних дощів і снігопадів.

На метеопостах (рис. Б.3) картина розподілу кількості стихійних опадів ідентична по відношенню до метеостанцій – незначний спад повторюваності або нейтральний тренд. Для метеопостів характерна найбільша повторюваність надзвичайних опадів ≥ 50 мм за ≤ 12 год – від 13 до 34 одиничних випадків за 30 років. На МП Заломисько 29 жовтня 1992 року з 06⁰⁰ по 18⁰⁰ год UTC випало 118,6 мм дощу, що є рекордною кількістю опадів за ≤ 12 год серед усіх пунктів спостережень за досліджуваний період.

В загальному, на низовинній частині території Закарпатської області спостерігається збільшення кількості опадів під час стихійних метеорологічних явищ, а в гірській – невелике зменшення, подекуди навіть без змін. Також, досить рідко, надзвичайні опади ≥ 50 мм за ≤ 12 год 2-5 разів за 30 років фіксуються і на низовинній території.

Узагальнюючими характеристиками часової динаміки кількості опадів під час сильних та надзвичайних дощів і снігопадів є їх основні показники варіації представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Основні показники варіації кількості опадів (мм)
під час сильних та надзвичайних дощів і снігопадів

Роки	$\bar{x}$ (мм)	σ (мм)	C_v (%)
1990	33,8	6,8	20
1991	37,4	10,3	28
1992	42,9	17,5	41
1993	36,5	8,1	22
1994	33,1	6,7	20
1995	37,6	10,1	27
1996	35,7	7,8	22
1997	39,4	9,4	24
1998	43,4	15,4	35
1999	33,0	11,4	35
1990-1999	38,4	12,8	33
2000	33,8	8,4	25
2001	40,5	10,8	27
2002	36,0	8,3	23
2003	34,5	9,3	27
2004	36,4	9,7	27
2005	33,7	9,3	28
2006	34,3	7,4	22
2007	36,6	10,9	30
2008	41,3	14,7	36
2009	36,7	8,7	24
2000-2009	37,1	10,9	29
2010	35,6	8,3	23
2011	37,1	10,6	29
2012	36,3	10,3	28
2013	33,7	10,0	30
2014	38,6	12,0	31
2015	37,9	14,1	37
2016	40,4	12,0	30
2017	34,5	9,7	28
2018	34,1	12,5	37
2019	34,9	8,1	23
2010-2019	36,3	11,0	30

З табл. 3.3 одразу помітно, що за досліджуване тридцятиріччя (1990-2019 рр.) середня річна кількість опадів під час СМЯ поступово зменшувалася від 38,4 мм за перше десятиріччя (1990-1999 рр.) до 36,3 мм за третє десятиріччя (2010-2019 рр.). На рис. 3.8 спостерігається від'ємний тренд середніх значень

($\bar{x}$) як і у випадку абсолютних значень (рис. 3.7). Впродовж тридцятиріччя фіксується незначний додатний тренд середніх квадратичних відхилень (σ) та коефіцієнтів варіацій (C_v), що свідчить про збільшення розбіжностей між конкретними одиничними випадками у кількості опадів під час СМЯ. Якщо така тенденція збережеться, то у майбутньому варто очікувати ускладнення прогнозування кількості опадів під час СМЯ. Загалом, у всі роки, коефіцієнти варіацій були відносно незначними – в середньому від 29 до 33%. Максимальні коефіцієнти варіацій припали на 1992 р. (41%), 2008 р. (36%), 2015 р. та 2017 р. (по 37%). Це пов'язано із значною кількістю випадків СМЯ в ці роки та великими відмінностями в кількості опадів, що випадали. Найменші коефіцієнти варіацій припали на маловодні 1990 р. та 1994 р. (по 20%) коли випадала найменша кількість опадів та фіксувалося мало випадків сильних і надзвичайних опадів [18, 19].

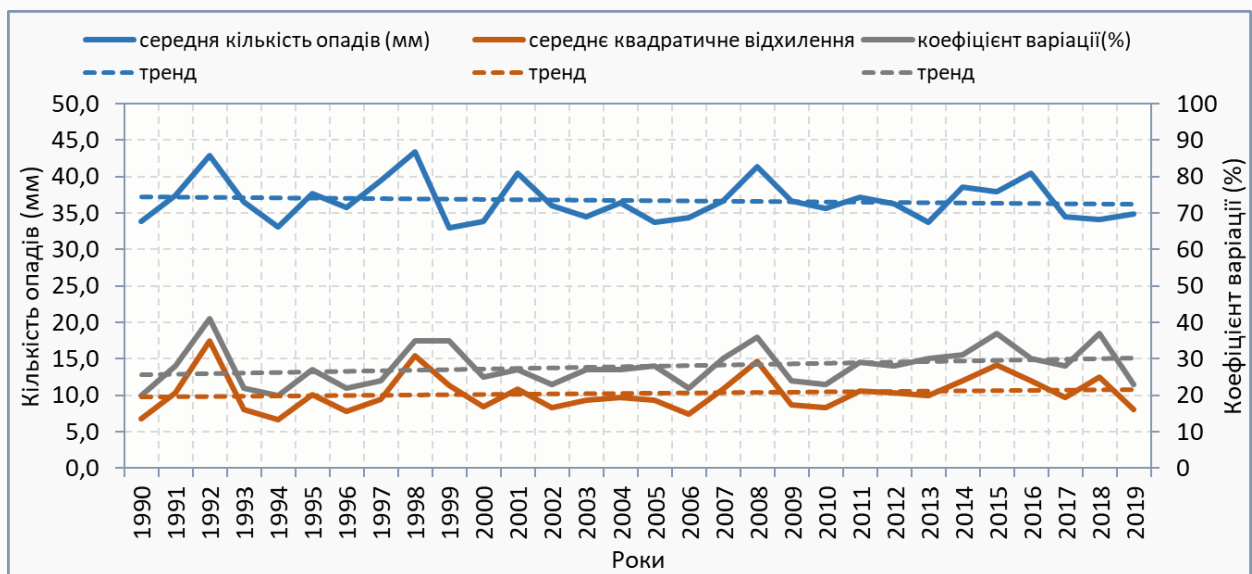


Рис. 3.8. Динаміка основних показників варіації кількості опадів під час сильних та надзвичайних дощів і снігопадів

Геометрична подібність багаторічних кривих розподілу середніх квадратичних відхилень з коефіцієнтами варіацій (рис. 3.8) говорить про тісний прямий зв'язок між ступенем зміни кількості опадів та їх повторюваністю.

З рис. 3.9 одразу помітно, що основна частка опадів припала на сильні та надзвичайні дощі (81% / 2526 одиничних випадків), значно менше – на снігопади (11% / 333 одиничні випадки) та мокрі снігопади – (8% / 246 одиничних випадків). Диференціація фазового стану сильних опадів (СМЯ II) практично відповідає загальній картині співвідношення. Проте при порівнянні надзвичайних опадів (СМЯ III) вдвічі більше обсягу припадає на мокрі снігопади (16% / 74 одиничні випадки), трохи менше на снігопади (12% / 58 одиничних випадків) і звичайно основна маса – на дощі (72% / 333 одиничні випадки). Така суттєва нерівномірність розподілу фаз опадів зумовлена кліматичними особливостями Закарпатської області та переважанням синоптичних процесів характерних для теплого півріччя при яких навіть в холодний період року досить часто випадають дощі.

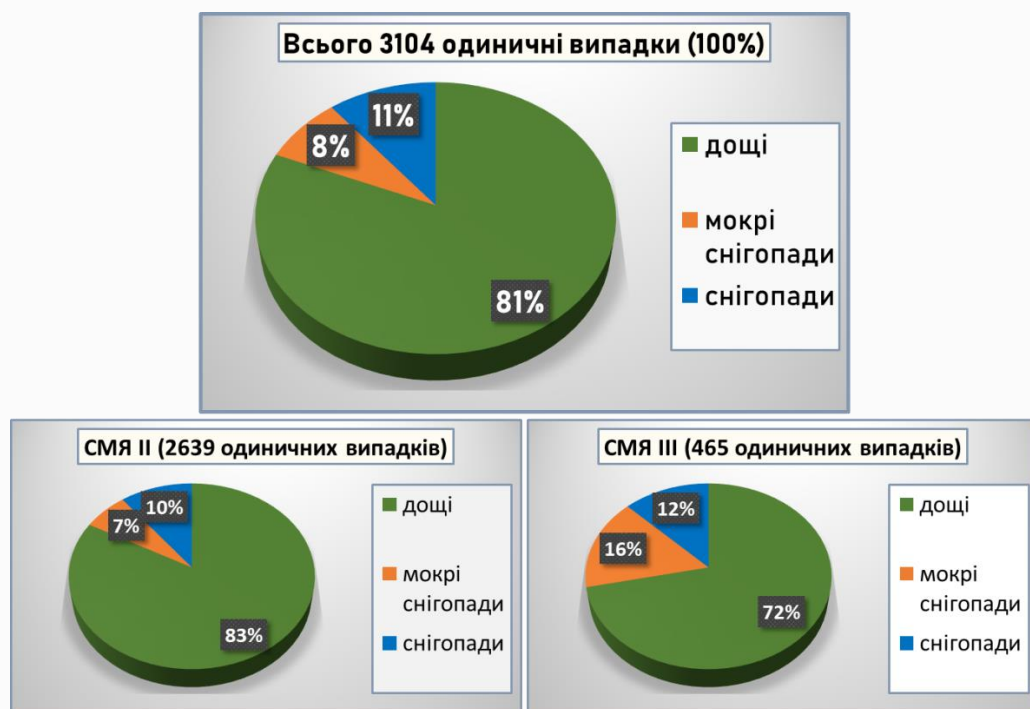


Рис. 3.9. Співвідношення сильних та надзвичайних опадів за різними фазами протягом досліджуваного періоду (1990-2019 рр.)

3.1.2 Просторовий розподіл сильних і надзвичайних опадів

Випадання опадів обумовлено складною взаємодією макро- і мікомасштабних процесів. Кількість опадів, їх повторюваність та просторовий розподіл залежать не тільки від характеру синоптичних та фізико-географічних умов, але й від місцевих особливостей території [17, 74, 100].

Найчастіше (72,9%) сильні та надзвичайні опади випадають протягом однієї доби, значно рідше – 2 діб (19,6%), рідко протягом 3 діб (6,9%) та дуже рідко протягом > 3 діб (0,6%). Коли вони спостерігаються декілька діб підряд то майже завжди охоплюють всю територію Закарпатської області. Такі опади фіксувалися: 5-7 вересня 1992 року, 15-18 листопада 1992 року, 21-23 липня 1993 року, 19-22 грудня 1993 року, 26-28 квітня 1995 року, 16-18 листопада 1995 року, 22-25 грудня 1995 року, 26-29 липня 1998 року, 28-30 жовтня 1998 року, 3-5 листопада 1998 року, 9-11 лютого 1999 року, 13-15 липня 1999 року, 3-5 березня 2001 року, 7-9 листопада 2001 року, 4-6 березня 2006 року, 13-15 серпня 2006 року, 29 лютого – 2 березня 2008 року, 23-27 липня 2008 року, 6-8 липня 2010 року, 6-9 грудня 2010 року, 3-5 грудня 2011 року, 4-6 листопада 2013 року, 25-27 травня 2015 року, 19-22 листопада 2015 року та 5-7 листопада 2016 року.

Просторовий розподіл полів всіх опадів, особливо критеріїв СМЯ, характеризується значною мозаїчністю у зв'язку з їх просторово-часовою дискретністю [56]. На території Закарпатської області найбільша диференціація поля стихійних опадів спостерігається у гірській частині – в межах Українських Карпат (рис. 3.10).

Максимальна повторюваність сильних та надзвичайних опадів на досліджуваній території спостерігалася в центральній частині гір в межах гірських хребтів Полонини Боржави, Чорногори та Свидовця. На високогір'ї Боржави найбільша за площею зона максимумів стихійних опадів (МП Заломисько – 221, МП Пилицець – 184, Сл Плай – 192, МП Лозянське – 142 одиничні випадки за 30 років). На північний схід та на схід від Полонини

Боржави кількість опадів як СМЯ різко зменшується (МС Нижній Студений – 78, ГП Майдан – 76 одиничних випадків за 30 років). Це пояснюється розташуванням даних пунктів з підвітряної сторони в зоні так званої дощової тіні, а також на нижчих абсолютних висотах 500-600 м н.р.м. ніж вищезгадані пункти спостережень.

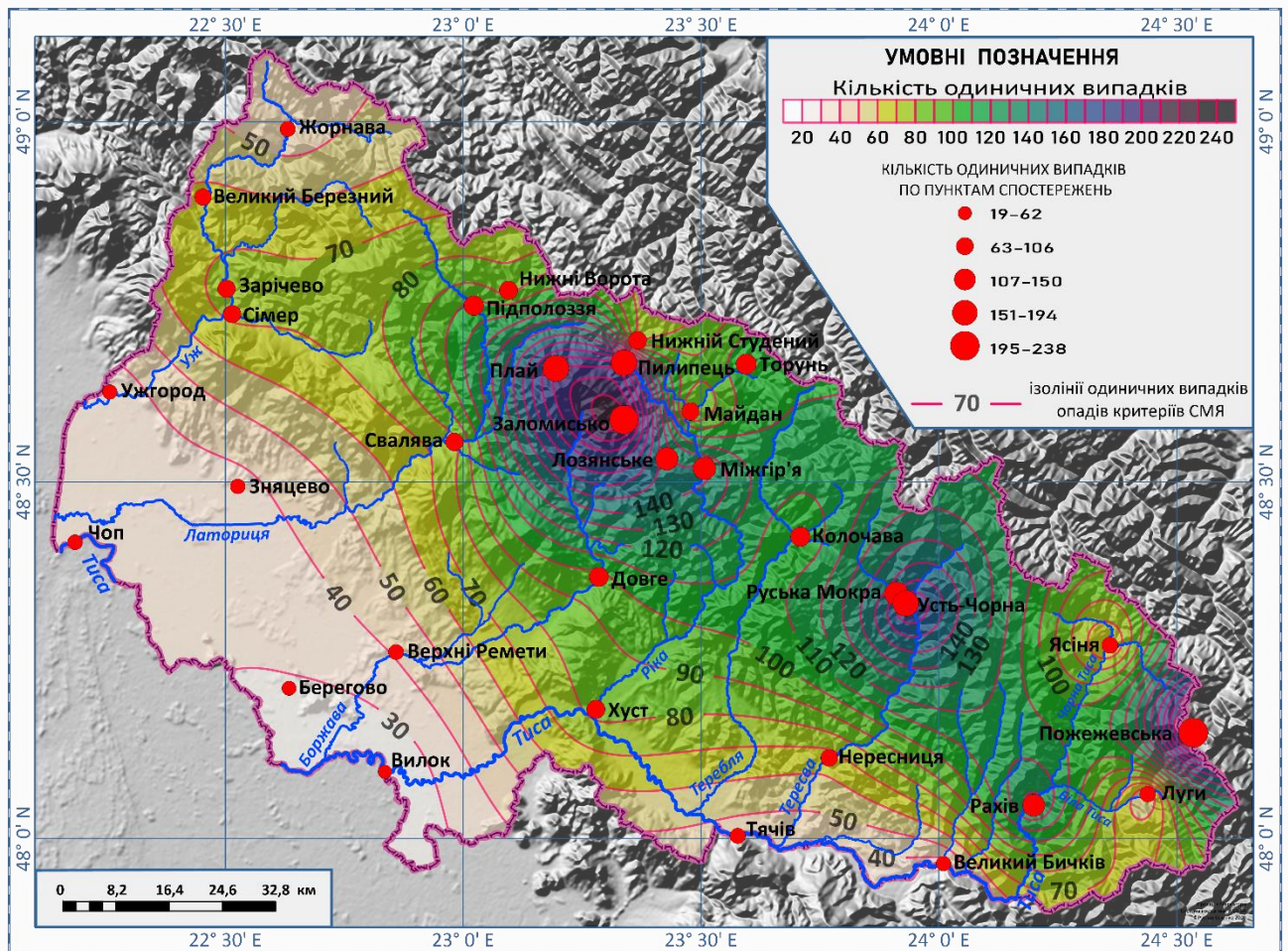


Рис. 3.10. Кількість одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів протягом 1990-2019 рр.

В межах Чорногори розташований тільки один пункт спостережень, проте саме тут спостерігався максимум повторюваності стихійних опадів на всій досліджуваній території (Сл Пожежевська – 233 одиничні випадки за 30 років). Це може пояснюватися найбільшою абсолютною висотою сніголавинної станції Пожежевська – 1439 м н.р.м. Відповідно тут практично безперешкодно переміщуються вологонесучі повітряні потоки всіх напрямків в результаті чого

випадає значна кількість опадів – в середньому 1423 мм за рік. Третьою зоною максимумів сильних та надзвичайних опадів є верхня частина басейну р. Тересви (ГП Усть-Чорна – 186 та ГП Руська Мокра – 155 одиничних випадків за 30 років).

Найменше стихійних опадів випадало на півдні Закарпатської низовини (ГП Вилок – 19 та МС Берегово – 29 одиничних випадків за 30 років). Трохи більше – на заході (АМСЦ Ужгород – 33 та ГП Чоп – 39 одиничних випадків за 30 років). Також досить низька повторюваність опадів критеріїв СМЯ фіксувалася в межах Верхньотисенської котловини (ГП Великий Бичків – 36 та ГП Тячів – 45 одиничних випадків за 30 років) (рис. 3.10). Невелика кількість сильних та надзвичайних опадів характерна і для крайньої північно-західної частини Закарпатської області – верхів'я р. Уж (ГП Жорнава – 43 одиничні випадки за 30 років).

Відносно низька, у порівнянні з сусідніми територіями, повторюваність стихійних опадів властива для ГП Ясіня – 56 одиничних випадків та ГП Луги – 49 одиничних випадків. Така суттєва просторова неоднорідність полів опадів пояснюється розташуванням даних пунктів у вузьких захищених, по відношенню до вологонесучих потоків, річкових долинах Чорної та Білої Тиси.

Більш практичним, ніж абсолютні величини, показником є середня річна кількість ($\bar{x}$) сильних та надзвичайних опадів. Такий показник характеризує не тільки просторову диференціацію полів опадів, але й частоту виникнення даних СМЯ на різних територіях (рис. 3.11).

Карта просторового розподілу середньої річної кількості одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів якісно подібна до карти багаторічної повторюваності СМЯ (рис. 3.10). Зони максимумів та мінімумів повністю співпадають. Найбільша середня річна кількість стихійних опадів фіксується на Чорногорі – Сл Пожежевська (8 одиничних випадків за рік). Друга зона максимумів повторюваності припадає на Полонину Боржаву – Сл Плай, МП Заломисько (6-7 одиничних випадків на рік). В загальному, зона максимумів простягається через найвищі хребти Українських Карпат. Як і у випадку

багаторічної повторюваності зони мінімумів припадають на Закарпатську низовину та Верхньотисянську котловину (1-2 одиничні випадки на рік). Міжрічна мінливість сильних та надзвичайних опадів деколи досягає 7-11 одиничних випадків в одному пункті спостережень. Проте в середньому за рік стихійні опади завжди фіксуються на території Закарпатської області.

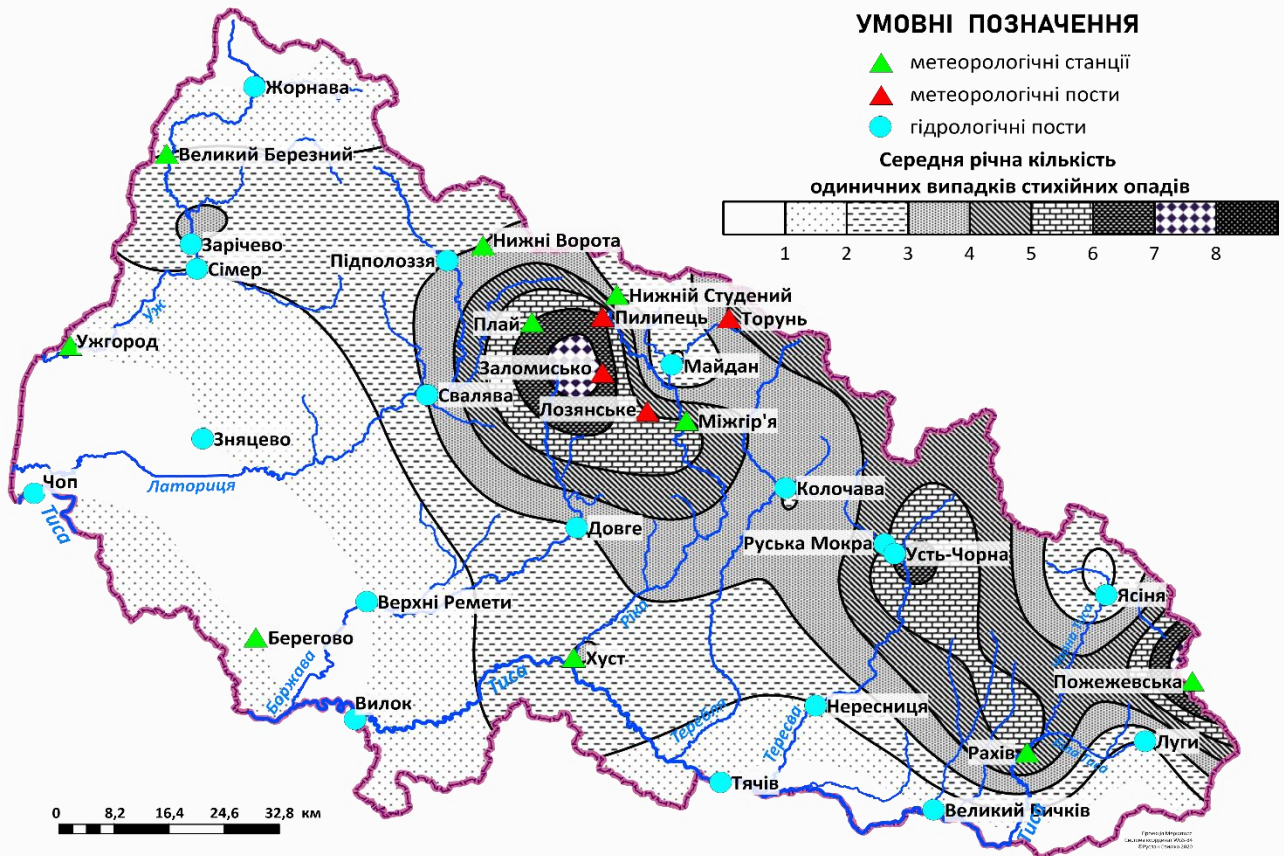


Рис. 3.11. Середня річна кількість одиничних випадків стихійних опадів по території Закарпатської області

З рис. 3.10 та 3.11 помітно, що багаторічна та середня річна повторюваність опадів як СМЯ зростає з північного заходу на південний схід, одночасно зі збільшенням абсолютних висот рельєфу від 400-1500 до 800-2000 м н.р.м. Таким чином, прослідковується певна залежність між орографією та повторюваністю стихійних опадів, що наголошувалося й попередніми дослідженнями [14, 102]. На рис. 3.12 досить чітко видно зв'язок між висотою рельєфу та повторюваністю сильних і надзвичайних опадів.

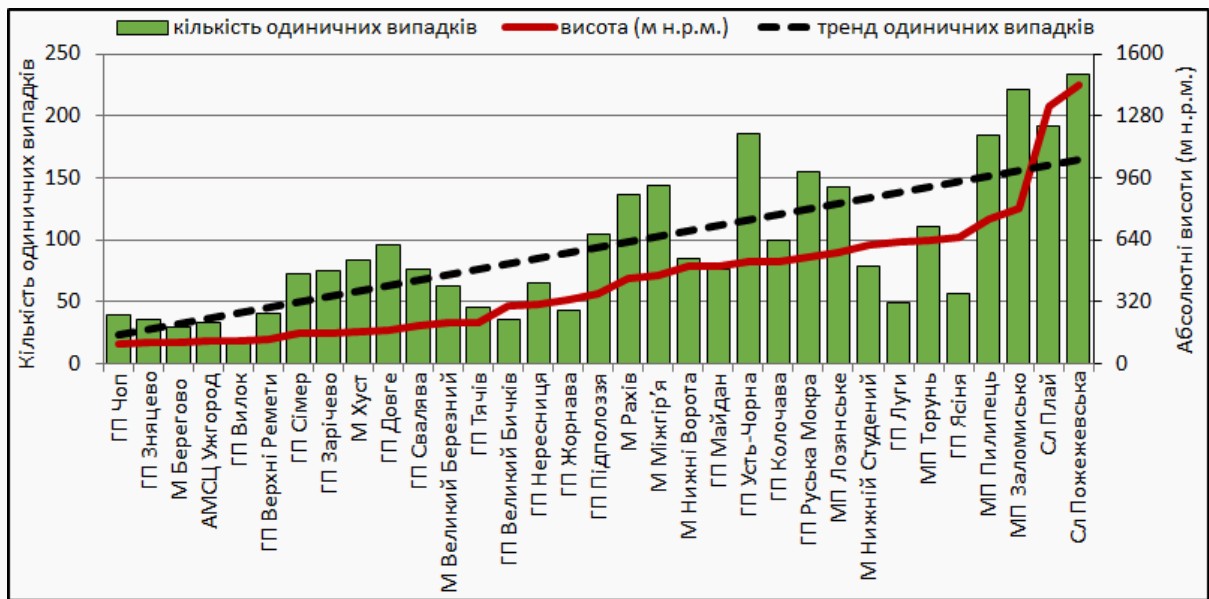


Рис. 3.12. Повторюваність сильних та надзвичайних опадів протягом 1990-2019 рр. в залежності від висоти рельєфу

На рис. 3.12 всі пункти гідрометеорологічних спостережень подані в порядку збільшення абсолютних висот рельєфу їх місця розташування. Чіткий зростаючий лінійний тренд кількості одиничних випадків дає можливість сказати, що зі збільшенням висоти місцевості, у певній мірі, збільшується і повторюваність стихійних опадів на території Закарпатської області. Достовірність апроксимації лінійного тренду становить 53%, тому така залежність не завжди прямопропорційна, як наприклад у випадку з ГП Луги та ГП Ясіня де кількість опадів критеріїв СМЯ майже така сама як у Тячеві та Жорнаві, при тому, що останні пункти знаходяться на вдвічі нижчій висоті ніж попередні. Розрахований коефіцієнт кореляції (r_{xy}) становить 0,78, що говорить про тісний прямий зв'язок між повторюваністю стихійних опадів та висотою рельєфу. Графічно взаємозв'язки між висотами рельєфу та багаторічною повторюваністю стихійних опадів можна відобразити у вигляді варіограми (рис. 3.13). Помітно, що розподіл взаємозалежностей подібний до лінійного – значення варіюючих ознак розташовані в порядку зростання в одній площині.

Зважаючи на вищесказане, у більшості випадків, можна вважати, що при збільшенні абсолютних висот рельєфу збільшується і повторюваність сильних

та надзвичайних опадів. Звичайно при більш повній оцінці територіального розподілу стихійних опадів також необхідно враховувати не тільки висоти рельєфу, але й експозиції схилів, конфігурації улоговин та гірських хребтів.

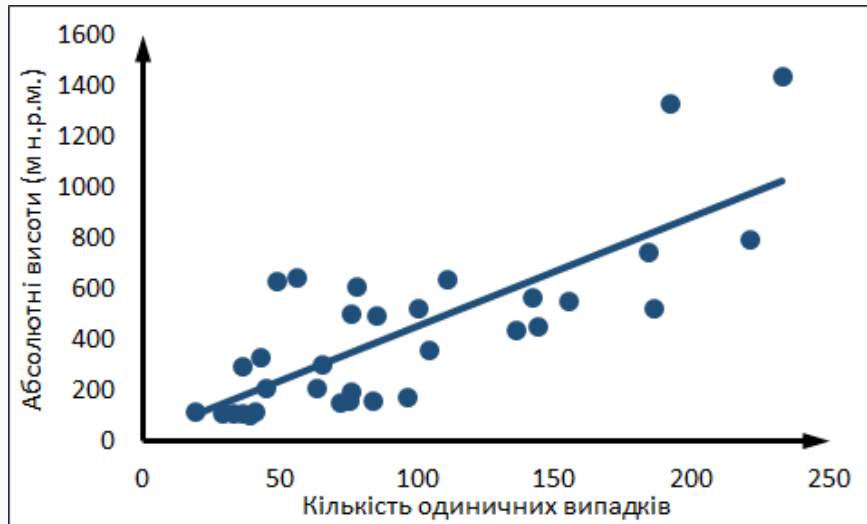


Рис. 3.13. Варіограма взаємозалежності між зміною висот рельєфу та повторюваністю стихійних опадів

Визначення кількісних показників спадання чи зростання лінійних трендів, на основі даних ДОДАТКА А (табл. 3.4), дало можливість картографувати територію Закарпатської області за різними територіальними тенденціями динаміки кількості одиничних випадків стихійних опадів (рис. 3.14). Зонами з яскраво вираженими зростаючими трендами повторюваності сильних та надзвичайних опадів є високогір'я східної (хребет Чорногора), центральної (хребет Полонина Боржава) частини Українських Карпат та долина р. Тиси від Рахова до Великого Бичкова. Чіткий спадаючий тренд повторюваності характерний для південної частини Закарпатської низовини (М Берегово) та Верхньотисенської котловини (ГП Тячів).

Враховуючи попередній просторовий аналіз (рис. 3.10 та 3.11) можна сказати, що в низовинній частині Закарпатської області на фоні низької кількості стихійних опадів поступово зменшується їх багаторічна повторюваність, а в гірській – навпаки, на фоні значної кількості з року в рік збільшується повторюваність стихійних опадів.

Таблиця 3.4

Показники нахилу лінійних трендів повторюваності одиничних випадків
стихійних опадів у пунктах спостережень

Назва пункту	Показник нахилу лінії тренду
М Берегово	-0,0425
АМСЦ Ужгород	0,0260
М Хуст	0,0485
М Великий Березний	0,0594
М Рахів	0,0948
М Міжгір'я	0,0574
М Нижні Ворота	0,0727
М Нижній Студений	0,0116
Сл Плай	0,0525
Сл Пожежевська	0,2311
МП Заломисько	0,0656
МП Лозянське	-0,0125
МП Пилипець	0,0785
МП Торунь	-0,0105
ГП Чоп	0,0129
ГП Зняцево	0,0260
ГП Вилок	0,0256
ГП Верхні Ремети	-0,0198
ГП Сімер	0,0563
ГП Зарічево	-0,0060
ГП Довге	-0,0058
ГП Свалява	0,0147
ГП Тячів	-0,0436
ГП Великий Бичків	0,0565
ГП Нересниця	0,0133
ГП Жорнава	0,0065
ГП Підполоззя	0,0271
ГП Майдан	0,0140
ГП Усть-Чорна	0,0378
ГП Колочава	0,0129
ГП Руська Мокра	0,0523
ГП Луги	0,0309
ГП Ясіня	-0,0031

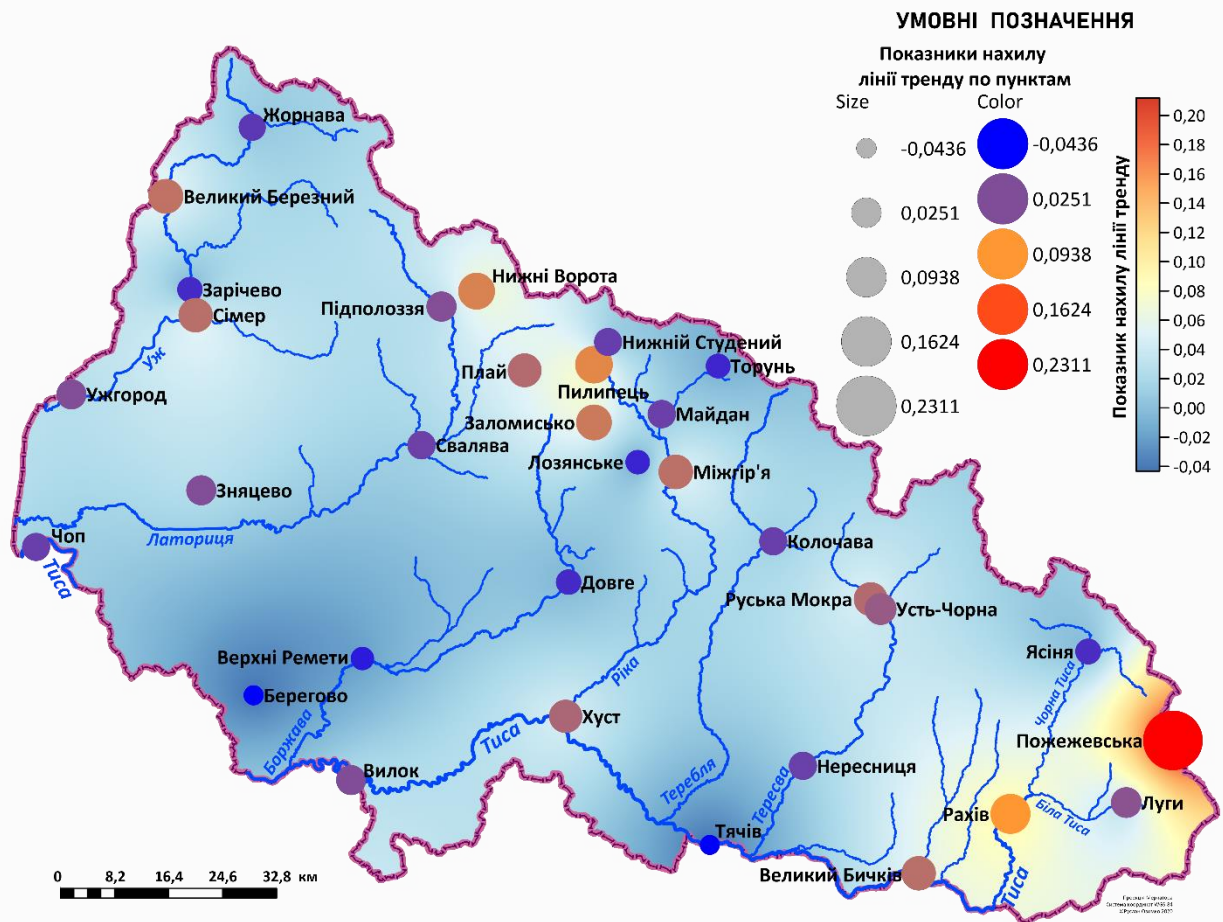


Рис. 3.14. Просторовий розподіл трендів багаторічної динаміки кількості одиничних випадків стихійних опадів

Особливу увагу привертає територія розташування Сл Пожежевської де зафіксовано найбільшу кількість одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів протягом 1990-2019 рр. при їх стрімкому зростанні.

Бувають ситуації коли сильні та надзвичайні опади одночасно охоплюють значні площі та випадають на більшій частині або по всій території Закарпатської області. З усіх хронологічно систематизованих випадків (823) можна виділити 159 під час яких стихійні опади охоплювали $\geq 40\%$ досліджуваної території. Отже, з усіх випадків сильних та надзвичайних опадів, на ті, які випадають на значних площах припадає 19,3%. Частка локальних СМЯ становить 46,3% / 381 випадок. Решта – 34,4% / 283 випадки припадає на сильні та надзвичайні опади, які фіксувалися одночасно 2-4 пунктами

метеорологічних спостережень на порівняно невеликих площах до 20-25% території області.

Розрахунок середньої інтенсивності опадів під час СМЯ показав, що в середньому, по всій території Закарпатської області, випадає від 32,7 до 42,0 мм опадів (рис. 3.15). Найбільша інтенсивність опадів, не враховуючи тривалі дощі, характерна для Полонини Боржави, верхів'їв річок Тереблї і Тересви, а також більшої частини території Закарпатської низовини. На цих територіях, в середньому, під час СМЯ випадає 39-42 мм опадів. Досить висока інтенсивність стихійних опадів, яка характерна для Закарпатської низовини, свідчить про те, що тут можуть випадати надзвичайні опади ≥ 30 мм за ≤ 12 год для снігу і мокрого снігу та ≥ 50 мм за ≤ 12 год для дощу.

Проте імовірність випадання таких опадів невисока і коливається від 6 до 17% від загальної кількості всіх стихійних опадів, які тут спостерігалися. Зонами найменшої середньої інтенсивності опадів є Ясинська улоговина та південь Закарпатської низовини. В середньому, під час СМЯ, тут випадає від 33 до 36 мм опадів. Характеристиками мінливості опадів, які проявляються не тільки в часі, але і в просторі, є середнє квадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації C_v . Для інтенсивності опадів, які випадають на території Закарпатської області під час СМЯ, розраховане σ по окремим пунктам спостережень змінюється від 8,5 до 14,6 мм (рис. 3.15). Зони найбільшої середньої інтенсивності опадів та середніх квадратичних відхилень практично співпадають. Найбільших значень σ досягає на високогір'ї Полонини Боржави – до 14,6 мм та на півночі Закарпатської низовини – до 14,5 мм. Найменші σ інтенсивності опадів від середніх значень ($\bar{x}$) властиві для крайнього сходу Закарпатської області – Ясинська улоговина (ГП Ясіня – 8,5 мм), верхів'я р. Тиси (М Рахів – 8,9 мм), а також північно-східних підвітряних схилів Полонини Боржави (ГП Майдан – 8,5 мм) та верхів'я р. Уж (М Великий Березний – 8,5 мм).

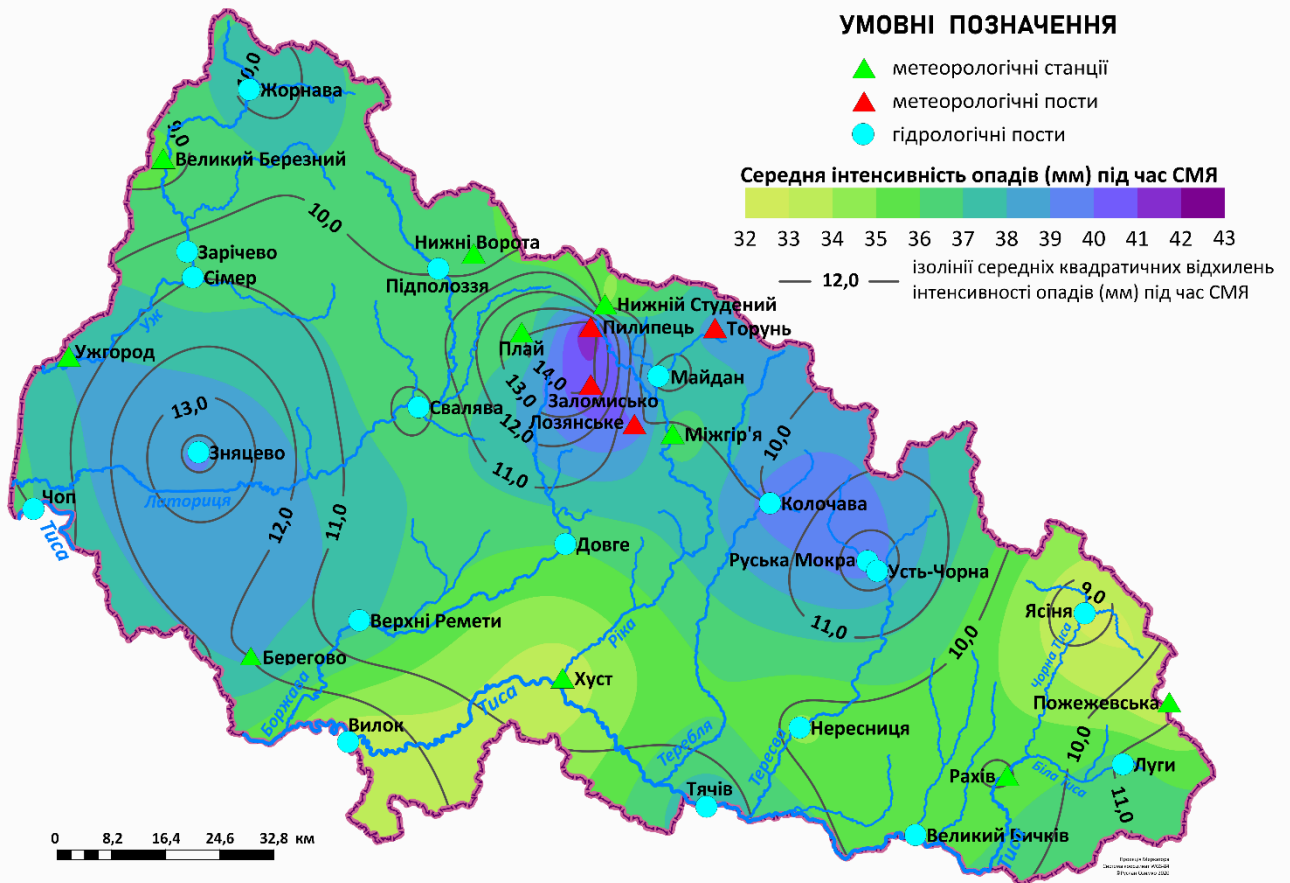


Рис. 3.15. Середня інтенсивність опадів (мм) та σ (мм) під час всіх зафіксованих одиничних випадків СМЯ (крім тривалих дощів)

Коефіцієнти варіацій інтенсивності опадів змінюються по території Закарпатської області в межах від 23 до 40% (рис. 3.16). Максимальна мінливість інтенсивності стихійних опадів спостерігається як і у випадку σ (рис. 3.15) в межах Полонини Боржави та Закарпатської низовини. Проте крім північної частини виділяється крайній південь низовини – ГП Вилоч 40%.

Це пов'язано з мінімальною повторюваністю всіх стихійних опадів на цій території (19 одиничних випадків за 30 років) та суттєвим розмахом варіації інтенсивності опадів – 58,3 мм. Тому звичайно при статистичних розрахунках коефіцієнт варіації буде значним.

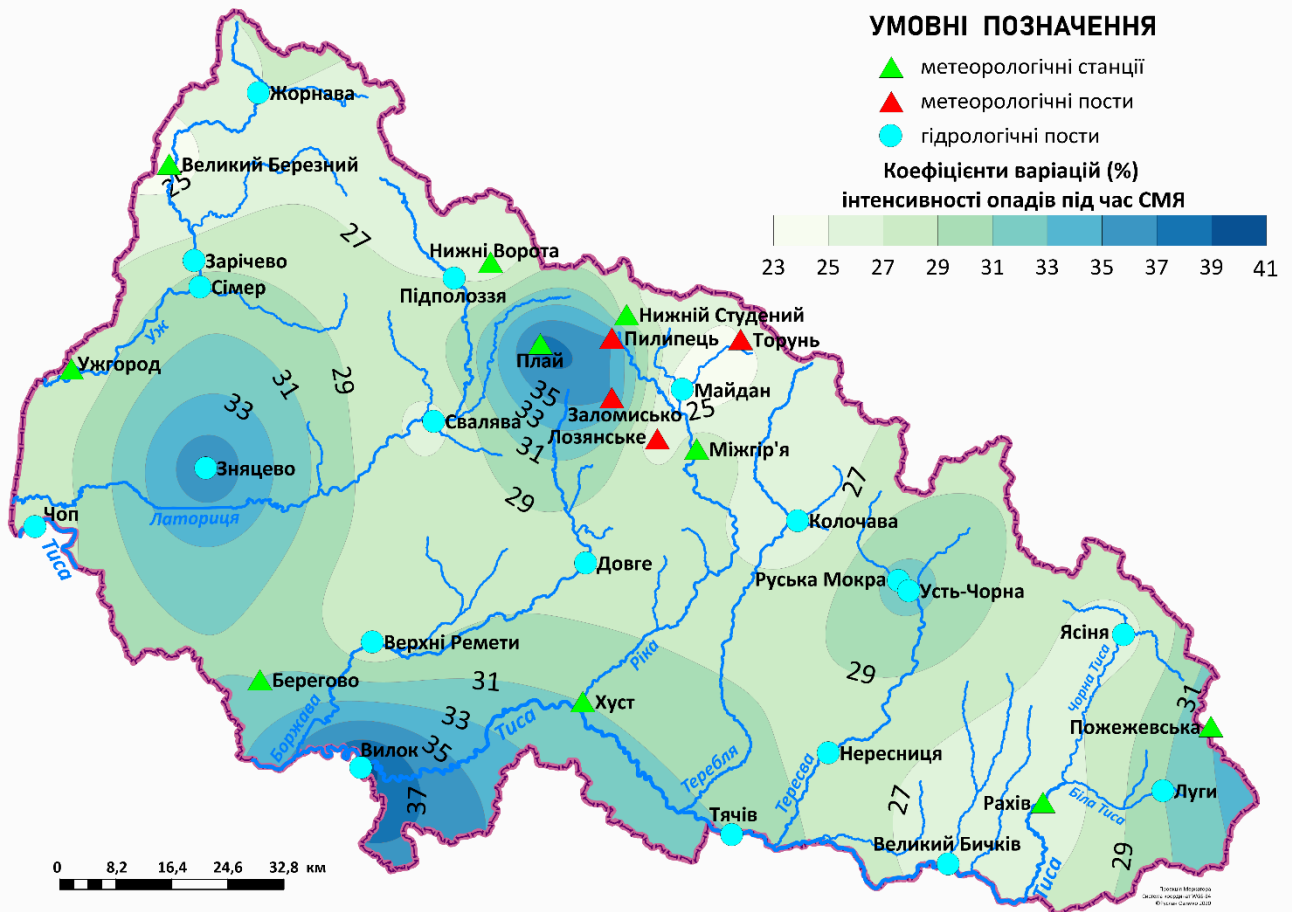


Рис. 3.16. Коефіцієнти варіацій (C_v) інтенсивності опадів під час одиничних випадків СМЯ (крім тривалих дощів)

3.2 Просторово-часова динаміка СМЯ різних категорій

3.2.1 Сильні і надзвичайні дощі та сильні зливи

З усіх стихійних опадів, які спостерігаються на території Закарпатської області, найчастіше випадають сильні дощі – 65,0% на фоні всіх інших сильних та надзвичайних опадів (3104 одиничні випадки) (табл. 3.5). Загалом, за досліджуваний період (1990-2019 рр.), на території Закарпатської області спостерігалось 2348 одиничних випадків сильних і надзвичайних дощів та сильних злив. З них 2019 припало на сильні дощі, 21 – на сильні зливи і 308 –

на надзвичайні дощі. В середньому за рік по області реєструвалося 68 одиничних випадків сильних дощів і сильних злив та 10 одиничних випадків надзвичайних дощів, що є досить високим показником.

Надзвичайні зливи (≥ 50 мм опадів за ≤ 1 год) за досліджуваний період не фіксувалися. Звичайно, фізично, сильних злив за ці роки було більше ніж 21 одиничний випадок, проте низька щільність гідрометеорологічної мережі спостережень не в змозі їх фіксувати. Також, за такий тривалий період, не виключена можливість випадання й надзвичайних злив. В силу факторів швидкоплинності та дискретності конвективних процесів, які є основною причиною формування злизових опадів, просторово-часова картина розподілу сильних та надзвичайних злив не може бути повністю достовірною. Тому сильні зливи досліджувалися в комплексі з сильними дощами

Таблиця 3.5

Кількість сильних і надзвичайних дощів та сильних злив
у окремі роки та десятиріччя на території Закарпаття

Роки	Сильні і надзвичайні дощі та сильні зливи		Сильні дощі та сильні зливи		Надзвичайні дощі	
	одиничні випадки	випадки	одиничні випадки	випадки	одиничні випадки	випадки
1	2	3	4	5	6	7
1990	29	13	29	13	-	-
1991	51	15	48	15	3	2
1992	91	17	70	16	21	4
1993	54	12	51	12	3	2
1994	52	19	51	18	1	1
1995	95	21	81	19	14	8
1996	44	18	41	17	3	2
1997	68	15	60	14	8	5
1998	185	30	140	29	45	9
1999	68	27	58	24	10	5
1990-1999	737	187	629	177	108	38
2000	28	11	26	11	2	2
2001	136	28	112	27	24	7
2002	58	20	54	18	4	3
2003	48	18	44	17	4	3
2004	89	27	81	26	8	6
2005	72	19	67	19	5	5
2006	61	23	59	22	2	2

Продовження таблиці 3.5

2007	122	26	108	26	14	6
2008	146	29	118	29	28	6
2009	85	25	77	24	8	7
2000-2009	845	226	746	219	99	47
2010	95	19	88	18	7	3
2011	61	21	53	21	8	5
2012	63	20	60	19	3	3
2013	48	17	40	16	8	4
2014	65	26	58	25	7	3
2015	75	20	62	19	13	3
2016	112	22	86	20	26	7
2017	127	33	114	33	13	3
2018	43	25	33	21	10	5
2019	77	30	71	30	6	4
2010-2019	766	233	665	222	101	40
Загалом	2348	646	2040	618	308	125
Середня річна повторюваність	78	22	68	21	10	4
σ	36	6	28	6	10	2
C_v	46%	26%	41%	27%	95%	51%
<i>Примітка:</i> окремі суми сильних та надзвичайних дощів і сильних злив перевищують загальну кількість випадків всіх опадів оскільки надзвичайні дощі фіксувалися разом з сильними, а при статистичних розрахунках приймалися як окремі випадки. «-» – надзвичайні дощі не фіксувалися.						

Повторюваність сильних та надзвичайних дощів і сильних злив з року в рік суттєво змінюється в залежності від розвитку синоптичних процесів. Найбільша їх кількість спостерігалася у 1998 р. (185 одиничних випадків), 2001 р. (136 одиничних випадків), 2008 р. (146 одиничних випадків) та 2017 р. (127 одиничних випадків). Основна частка цих дощів фіксувалася на більшій частині території області. Найменш дощовим був 1990 р. (29 одиничних випадків) та 2000 р. (28 одиничних випадків) коли більшість сильних та надзвичайних дощів фіксувалися локально по області. В 1990 р. надзвичайні дощі взагалі не фіксувалися. Найбільш дощовими були перше (2000-2009 рр. – 845 одиничних випадків) та друге (2010-2019 рр. – 766 одиничних випадків) десятиріччя ХХІ ст., коли сильні дощі випадали кожного року на значних площах.

Найбільша мінливість міжрічної повторюваності одиничних випадків характерна для надзвичайних дощів ($C_v = 95\%$), а найменша – для одиничних випадків сильних дощів та сильних злив ($C_v = 41\%$). Найбільше σ спостерігається при сильних дощах та сильних зливах, а найменше – при надзвичайних дощах (28 і 10 одиничних випадків відповідно). Значна часова розрізненість повторюваності добре прослідковується на рис. 3.17 та 3.18. Навіть між сусідніми роками спостерігається суттєва мінливість повторюваності стихійних дощів. Найбільших різниць вона досягала між 1998-1999 рр., 2000-2001 рр. (117 і 108 одиничних випадків), 2006-2007 рр. та 2008-2009 рр. (по 61 одиничний випадок), 2017-2018 рр. (84 одиничні випадки).

Протягом періоду 1990-2019 рр. на Закарпатті спостерігався чіткий зростаючий лінійний тренд повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив, як і в загальному по всіх стихійним опадам. Це підтверджується і попередніми дослідженнями В. О. Балабух [12] де наголошується, що збільшилась не тільки кількість випадків сильних і дуже сильних дощів, але й тривалість періоду, протягом якого вони досягають свого максимуму.

У випадку з просторово-часовою систематизацією, від одиничних до загальних випадків, тренд значно краще виражений в бік зростання повторюваності. Така асиметрія свідчить про збільшення кількості випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив, які випадають на незначних площах. В свою чергу, локалізація опадів призводить до серйозних ускладнень при їх територіальному прогнозуванню [73]. Найбільш стрімке зростання повторюваності фіксується серед сильних дощів як в розрізі одиничних так і систематизованих випадків.

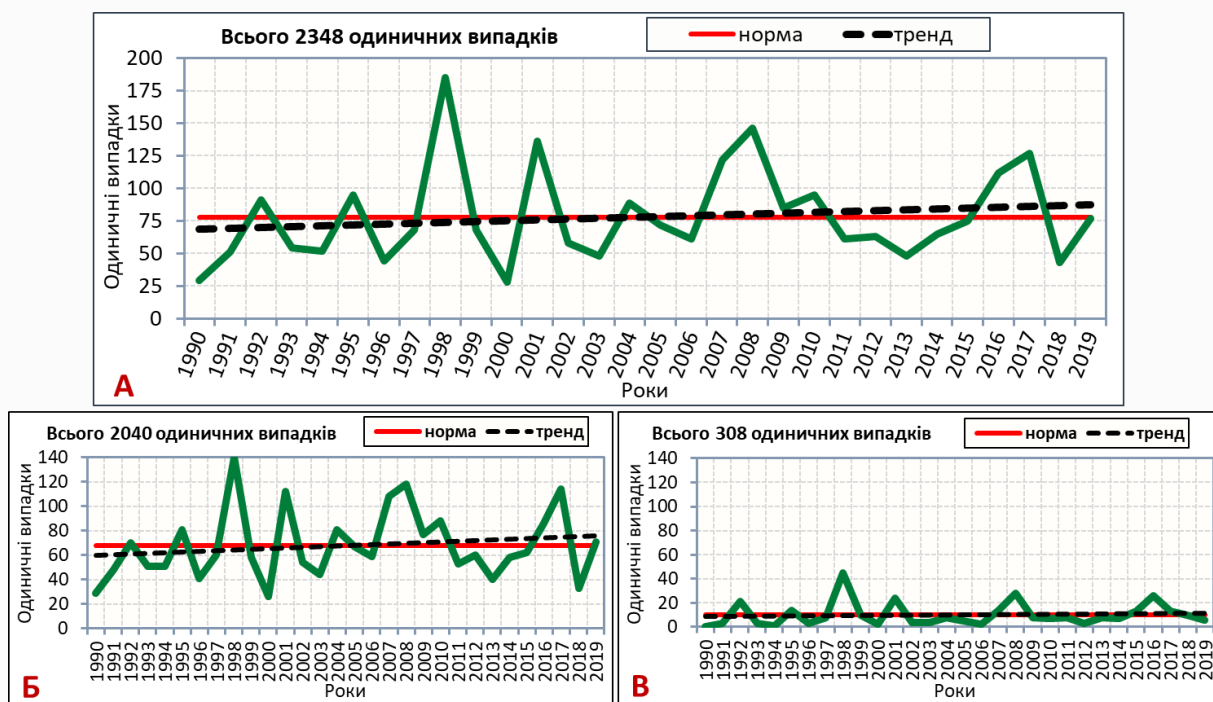


Рис. 3.17. Міжрічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив (А), окремо сильних дощів і сильних злив (Б) та надзвичайних дощів (В) у Закарпатській області

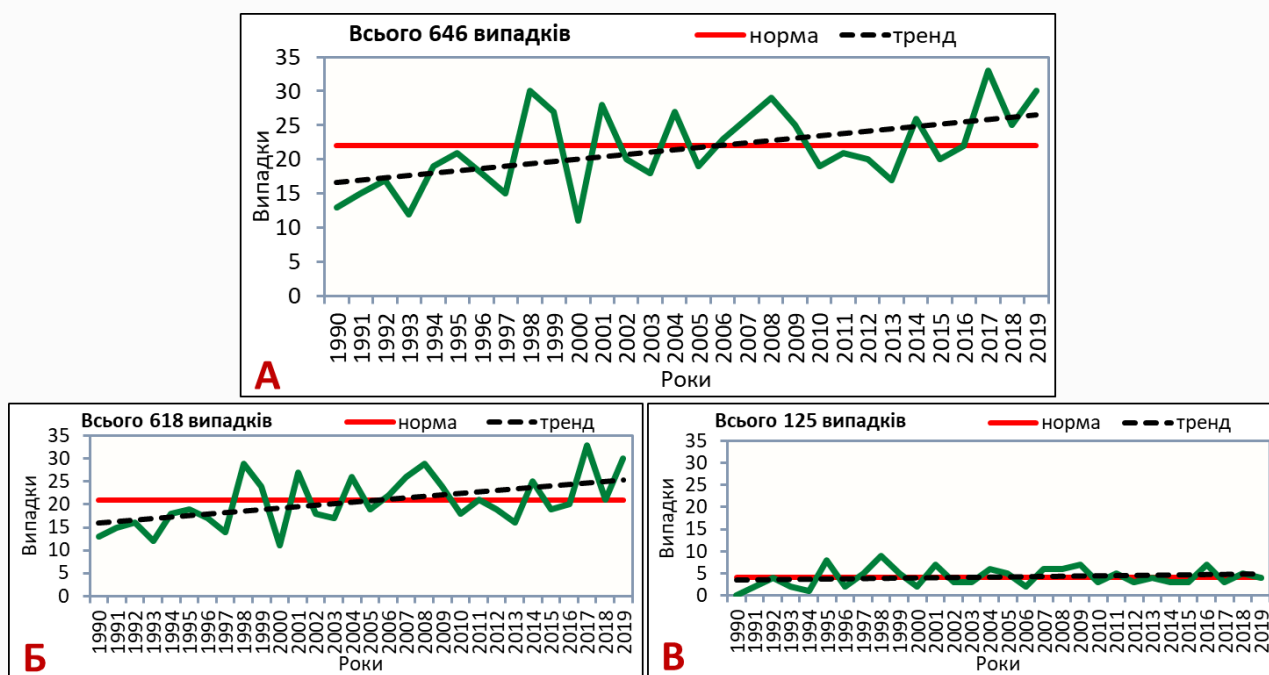


Рис. 3.18. Міжрічна повторюваність випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив (А), окремо сильних дощів і сильних злив (Б) та надзвичайних дощів (В) у Закарпатській області

Аналіз часової динаміки одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив (ДОДАТОК В) по пунктах спостережень показав трохи іншу картину розподілу ніж в загальному по всім стихійним опадам. Серед метеостанцій (рис. В.1) найбільша багаторічна повторюваність спостерігається на Плаю (117 одиничних випадків), в Міжгір'ї (111 одиничних випадків) та Рахові (107 одиничних випадків). Найменша повторюваність характерна для Берегова (26) та Ужгорода (30 одиничних випадків). Найбільш динамічні криві розподілу міжрічної повторюваності фіксуються в Рахові, Міжгір'ї, на Плаю та Пожежевській. В цих пунктах, між послідовними роками, різниця в кількості сильних та надзвичайних дощів і сильних злив досягає 7-9 одиничних випадків. Також на М Рахів та Сл Пожежевська відмічається різкий зростаючий тренд повторюваності сильних та надзвичайних дощів. Отже, в східній частині території Закарпатської області за останні 30 років спостерігається різке збільшення кількості сильних та надзвичайних дощів і очевидно така тенденція збережеться на найближче майбутнє.

По гідропостам (рис. В.2) найбільша багаторічна повторюваність сильних та надзвичайних дощів і злив фіксується в Усть-Чорній (136), Руській Мокрій (114) та Колочаві (87 одиничних випадків). Мінімальна повторюваність спостерігається на ГП Вилоч (12), ГП Зняцево (30), ГП Верхні Ремети (32) та ГП Ясіня (33 одиничні випадки). Найбільші міжрічні амплітуди коливань кількості сильних та надзвичайних дощів і злив відмічаються в Руській Мокрій, Колочаві та Усть-Чорній – від 8 до 10 одиничних випадків між сусідніми роками. Нахили лінійних трендів не так чітко виражені як у випадку з метеостанціями.

Аналіз рис. В.3 показав, що на всіх метеопостах спостерігається найбільша багаторічна повторюваність досліджуваних дощів та злив. Максимум повторюваності фіксується на МП Заломисько (174 одиничні випадки), а мінімум – на МП Торунь (96 одиничних випадків). По всіх метеопостах середня річна повторюваність сильних та надзвичайних дощів є найвищою по області і коливається від 3 до 6 одиничних випадків.

Сезонна динаміка повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив (рис. 3.19) подібна до вищехарактеризованого загального розподілу стихійних опадів. Одразу помітно зростаючий тренд повторюваності сильних та надзвичайних дощів взимку. Звичайно, саме взимку фіксується найменша кількість сильних та надзвичайних дощів з середньою річною повторюваністю 9 одиничних випадків. Проте у зв'язку з поступовим збільшенням їх кількості ця цифра зростатиме. Максимум кількості стихійних дощів і злив припав на зиму 2007 р. – 46 одиничних випадків.

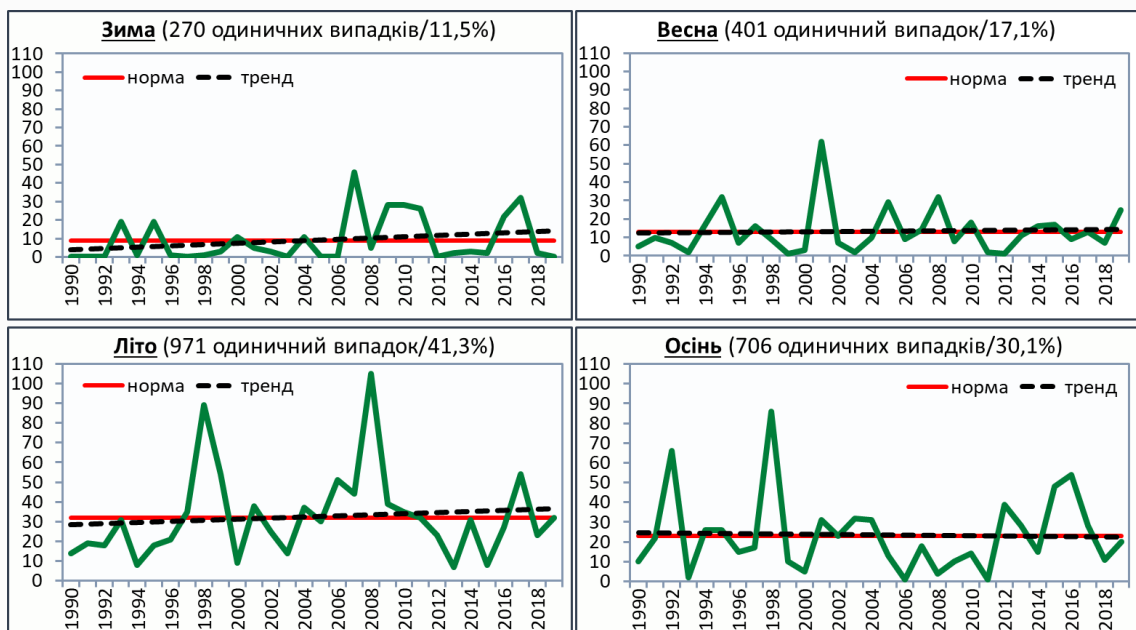


Рис. 3.19. Сезонна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив у Закарпатській області (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

Влітку спостерігається незначний додатний тренд повторюваності. Тому в цю пору року також варто очікувати незначного збільшення кількості одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив. Найбільше таких опадів було зафіксовано влітку 1998 р. (89 одиничних випадків) та 2008 р. (105 одиничних випадків).

Навесні та восени багаторічний розподіл повторюваності сильних та надзвичайних дощів і злив відносно стійкий. Лінійні тренди нейтральні.

Різкі амплітуди коливань міжрічної повторюваності літніх і осінніх сильних та надзвичайних дощів і сильних злив свідчать про суттєву складність складання довгострокових та наддовгострокових прогнозів погоди на території Закарпатської області.

Аналіз багаторічної повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по місяцям дає більш чітку картину розподілу (рис. 3.20). Максимум місячної повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив був зафіксований у березні 2001 р. (62 одиничні випадки). Проте для цього місяця така кількість дощів є вкрай рідкісним явищем і його повторюваність дуже низька – 3,3%. Мінімуми повторюваності, звичайно, фіксувалися в усі зимові місяці, коли сильних та надзвичайних дощів не було взагалі. Однак саме в ці місяці спостерігається різке зростання повторюваності стихійних дощів. В грудні їх кількість збільшилася вдвічі – від 33 одиничних випадків у першому десятиріччі (1990-1999 рр.) до 67 у другому (2000-2009 рр.) та 72 у третьому (2010-2019 рр.). За останні три десятиріччя (1990-2019 рр.) в січні також спостерігається стрімке збільшення повторюваності сильних та надзвичайних дощів – від 2 одиничних випадків у 1990-1999 рр. до 35 у 2000-2009 рр. та 21 у 2010-2019 рр. В лютому тільки протягом останніх двох десятиріч (2000-2019 рр.) спостерігається різке зростання повторюваності стихійних дощів – від 7 одиничних випадків у 2000-2009 рр. до 24 одиничних випадків у 2010-2019 рр.

Навесні найбільший стабільний ріст повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив фіксується в травні – від 40 одиничних випадків у 1990-1999 рр. до 63 у 2000-2009 рр. та 85 у 2010-2019 рр. В березні спостерігається певний спад повторюваності, а в квітні лінійний тренд практично нейтральний.

Влітку чітке зростання кількості сильних та надзвичайних дощів і злив спостерігається в червні – від 74 одиничних випадків у 1990-1999 рр. до 100 у 2000-2009 рр. та 98 у 2010-2019 рр. В липні фіксується незначний спад повторюваності стихійних дощів, а в серпні – тренд майже незмінний.

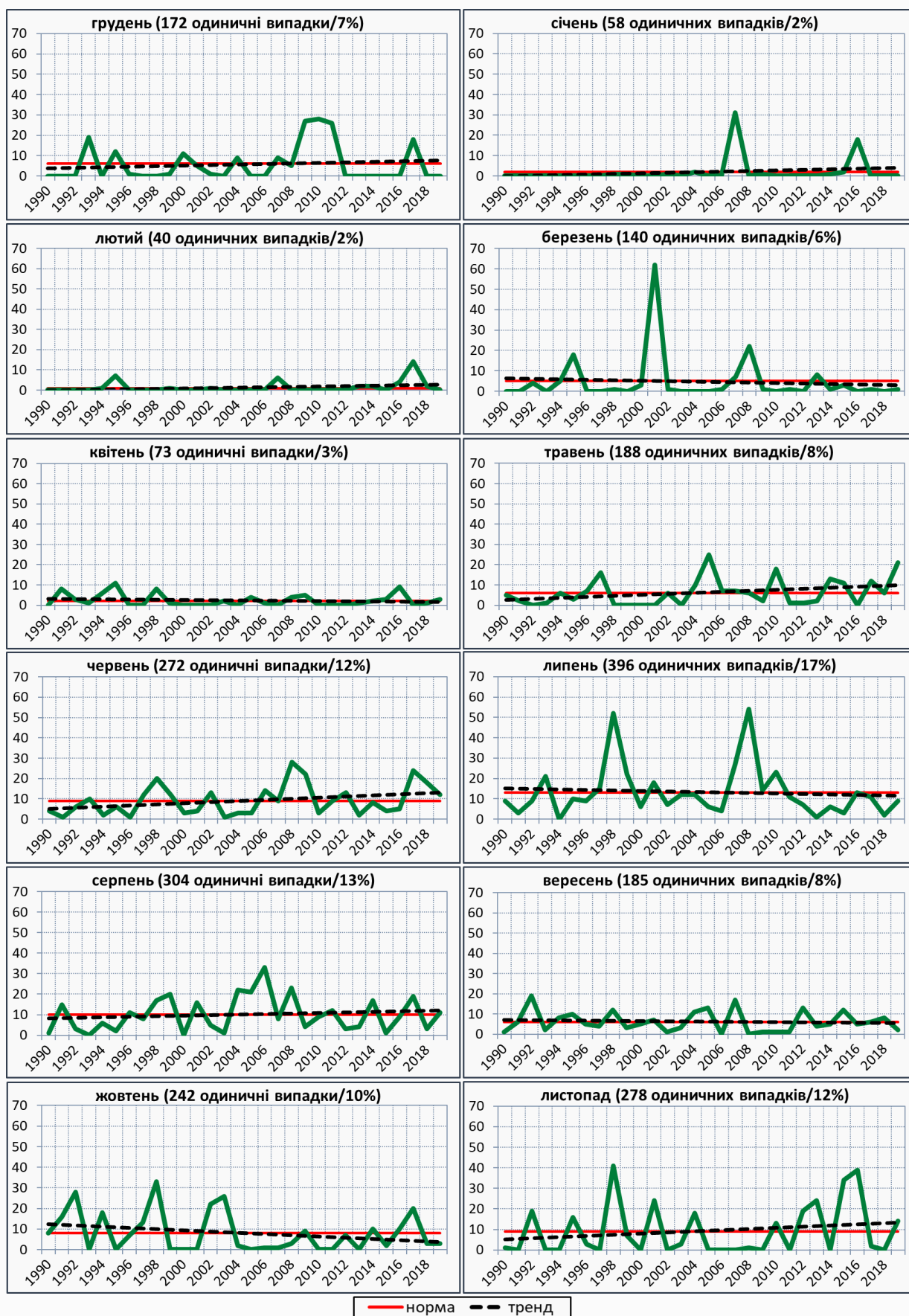


Рис. 3.20. Місячна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив у Закарпатській області (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

Восени виділяється жовтень та листопад. У жовтні спостерігається стабільний спад повторюваності, який є найрізкішим серед всіх місяців року. Кількість стихійних дощів з 1990-1999 рр. по 2000-2009 рр. зменшилася майже вдвічі – від 123 до 64 одиничних випадків і надалі продовжує, менш різко, зменшуватися. В листопаді фіксується зростаючий тренд повторюваності.

В річному ході повторюваності сильні та надзвичайні дощі і сильні зливи мають певні закономірності (рис. 3.21). Починаючи з січня, протягом першого півріччя, спостерігається поступове збільшення кількості стихійних дощів. В другому півріччі з кінця липня по вересень спостерігається спад повторюваності, а з жовтня по листопад – певний ріст. Найбільш небезпечними місяцями, в плані максимальної кількості стихійних дощів, є липень (396 одиничних випадків) та серпень (304 одиничні випадки). Середня річна повторюваність сильних та надзвичайних дощів і сильних злив в ці місяці відповідно 13 одиничних випадків (16,9%) та 10 одиничних випадків (13,0%).

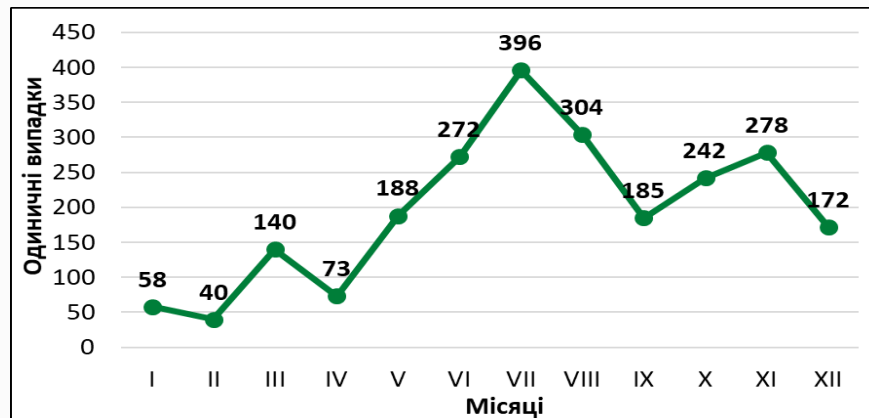


Рис. 3.21. Повторюваність сильних та надзвичайних дощів і сильних злив в окремі місяці протягом 1990-2019 рр.

Значна кількість стихійних опадів у рідкому стані в грудні перешкоджає формуванню стійкого снігового покриву по території Закарпаття. Така ситуація може негативно вплинути на зимівлю зернових культур та розвиток гірсько-лижного туризму.

Загалом, в другому півріччі випадає рівно вдвічі більше сильних та надзвичайних дощів і сильних злив ніж у першому.

Розподіл інтенсивності (мм) опадів під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив (рис. 3.22) близький до загальної динаміки стихійних опадів. Як помітно кількість опадів, яка випадає під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив варіює в широких межах – від 30,0 до 118,6 мм дощу із суттєвим розмахом варіації – 88,6 мм. Розраховане σ за всі роки спостережень становить 10,8 мм, що говорить про досить значні відмінності в кількості опадів. В середньому під час стихійних дощів випадає 39,8 мм опадів. Коефіцієнт варіації (C_v) становив 27%, що умовно свідчить про однорідність вибірки, тобто не надто часті відхилення інтенсивності опадів під час СМЯ від середнього значення. Отже, хоч інтенсивність опадів варіює в широких межах, частота випадання надзвичайних дощів порівняно з сильними – незначна, а сильних злив тим більше. Мінімальний від’ємний тренд (рис. 3.22) показує тенденцію до зменшення інтенсивності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив за досліджуваний період.

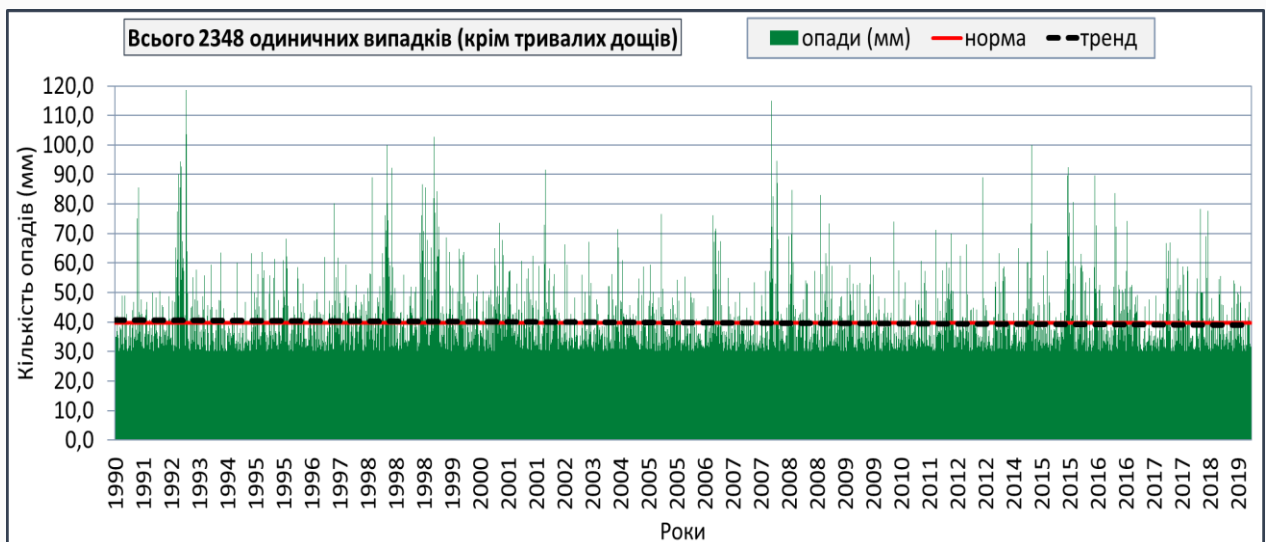


Рис. 3.22. Динаміка інтенсивності (мм) сильних та надзвичайних дощів і сильних злив під час всіх одиничних випадків СМЯ

Більш детальна картина розподілу повторюваності інтенсивності стихійних дощів представлена на рис. Г.1, Г.2 та Г.3 (ДОДАТОК Г) по пунктам спостережень.

Найбільша середня інтенсивність сильних та надзвичайних дощів і сильних злив, серед метеостанцій (рис. Г.1), фіксується на Плаю – 41,3 мм, а найменша – у Великому Березному (37,2 мм). На Сл Плай дощі інтенсивністю $\geq 40,0$ мм за ≤ 12 год за весь досліджуваний період фіксувалися 44 рази. На М Великий Березний відповідно дощі ≥ 37 мм за ≤ 12 год спостерігалися 22 рази. Надзвичайні дощі інтенсивністю $\geq 50,0$ мм за ≤ 12 год фіксуються набагато рідше ніж сильні (30-49 мм за ≤ 12 год). Серед метеостанцій найбільше надзвичайних дощів спостерігається на Плаю (19 одиничних випадків за 30 років), Пожежевській і Міжгір'ї (по 15 одиничних випадків). На всіх метеостанціях, як і в загальному по області, спостерігається спадаючий тренд повторюваності інтенсивності сильних та надзвичайних дощів. Тільки на Пожежевській слабкий додатний тренд. Найбільш різке падіння інтенсивності опадів фіксується в Хусті, Нижніх Воротах та Великому Березному.

Серед гідропостів (рис. Г.2) найбільша середня інтенсивність сильних та надзвичайних дощів фіксується в Руській Мокрій та Усть-Чорній – від 41,6 до 41,4 мм опадів. Повторюваність надзвичайних дощів в Руській Мокрій становить 20 одиничних випадків за 30 років, а в Усть-Чорній – 23 одиничні випадки за ідентичний період. На більшості гідропостів, як і в загальній тенденції по області, фіксується спад повторюваності кількості опадів під час СМЯ. Найбільші падіння лінійного тренду спостерігаються в Жорнаві та Великому Бичкові. Проте у Вилоку, Тячеві та Лугах фіксується досить різкий зростаючий лінійний тренд. У Вилоку надзвичайний дощ протягом 1990-2019 рр. фіксувався тільки один раз – з 11⁰⁰ по 16⁰⁰ UTC 12 червня 2018 р. з кількістю опадів 78,3 мм. В цьому пункті найнижча повторюваність сильних та надзвичайних дощів – 12 одиничних випадків за 30 років. При цьому саме у Вилоку протягом останнього двадцятиріччя (2000-2019 рр.) спостерігається

найрізкіша тенденція до збільшення кількості як самих одиничних випадків стихійних дощів так і їх інтенсивності.

На метеопостах (рис. Г.3) картина розподілу інтенсивності стихійних дощів аналогічна по відношенню до метеостанцій – незначний спад повторюваності або нейтральний лінійний тренд. Для метеопостів характерна найбільша багаторічна повторюваність надзвичайних дощів – від 12 до 33 одиничних випадків за 30 років. Також на їх території розташування спостерігається найбільша середня річна інтенсивність опадів під час сильних та надзвичайних дощів та сильних злив, яка коливається в межах 39,1-43,8 мм.

Узагальнюючими характеристиками часової динаміки інтенсивності опадів під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив є їх основні показники варіації представлені на рис. 3.23.

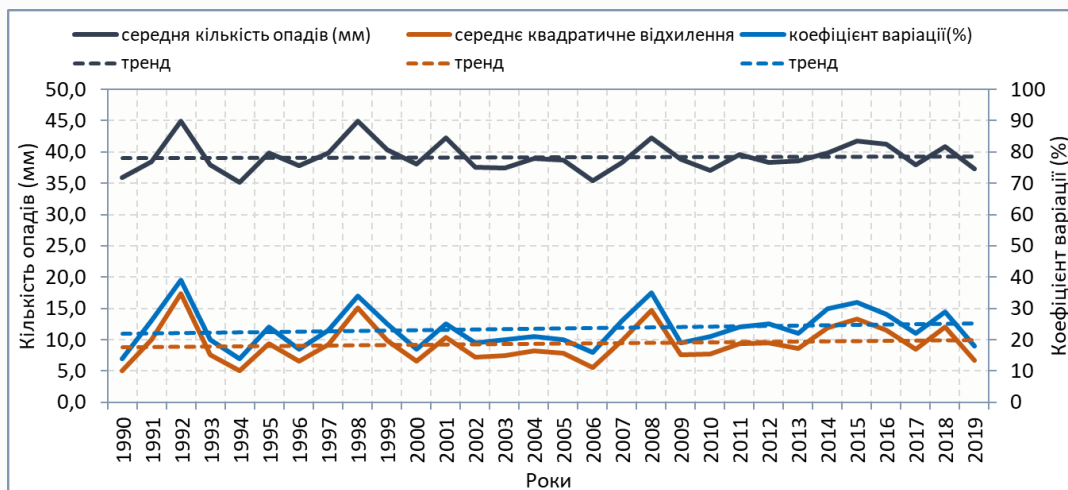


Рис. 3.23. Динаміка основних показників варіації інтенсивності опадів (мм) під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив

З рис. 3.23 одразу помітно, що за досліджуване тридцятиріччя лінійний тренд середньої кількості опадів під час стихійних дощів практично не змінювався. Впродовж 1990-2019 рр. фіксується незначний зростаючий тренд середніх квадратичних відхилень (σ) та коефіцієнтів варіацій (C_v), що свідчить про збільшення мінливості інтенсивності опадів між конкретними одиничними випадками. Середні квадратичні відхилення інтенсивності дощів змінювалися в

межах від 5,0 до 17,4 мм. Найбільші σ припали на 1992 р. (17,4 мм), 1998 р. (15,1 мм), 2008 р. (14,7 мм) та 2015 р. (13,3 мм). Протягом всіх років коефіцієнти варіацій також змінювалися в досить широкому діапазоні – від 14 до 39%. Максимальні коефіцієнти варіацій припали на 1992 р. (39%), 1998 р. (34%), 2008 р. (35%) та 2015 р. (32%). Це пов'язано із значною кількістю одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів у ці роки та суттєвими різницями в інтенсивності опадів, що випадали.

Матриця зведеної статистичної сукупності всіх одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив, як і всіх інших категорій СМЯ, наведена в ДОДАТКУ Д.

Основною закономірністю просторового розподілу опадів в Україні є їх зменшення з півночі і північного заходу у напрямі на південь і південний схід [13, 22]. Такий розподіл характерний для рівнинної території України і зумовлений комплексом циркуляційних та термодинамічних характеристик атмосфери. Виняток становлять короткочасні опади, до яких належать сильні зливи. При їх утворенні, крім циркуляційних факторів, велику роль відіграє підстильна поверхня. Рельєф земної поверхні породжує зміни в повітряних масах, викликає утворення вихорів, підсилює вертикальну складову швидкості вітру, що сприяє розвитку конвективної хмарності та підсиленню вертикальної потужності їх самих та й, у цілому, фронтальних систем, а це призводить до розвитку інтенсивної конвективної діяльності, що часто супроводжується сильними опадами [49, 74].

Кількість орографічних опадів залежить від трьох факторів, які діють у абсолютно різних масштабах. До цих факторів належать: характеристики повітряних мас і тип розподілу тиску в синоптичному масштабі; місцевий вертикальний рух зумовлений рельєфом місцевості; мікрофізичні процеси у хмарах і випаровування крапель, що випадають [14].

Саме на території Закарпатської області вирішальну роль в просторовому розподілі всіх опадів, а відтак і сильних та надзвичайних дощів і сильних злив, відіграє підстильна поверхня. Так як рельєф області сильно розчленований, з

різною орієнтацією гірських хребтів та улоговин, спостерігається значна просторова диференціація полів стихійних дощів (рис. 3.24) [94].

Всього за 1990-2019 рр. по території Закарпатської області було зафіксовано 2348 одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив. З них 255 припало на низовинну частину території (пункти спостережень: Ужгород, Чоп, Зняцево, Берегове, Верхні Ремети, Вилок, Хуст, Тячів), а 2093 – на гірську (всі інші пункти).

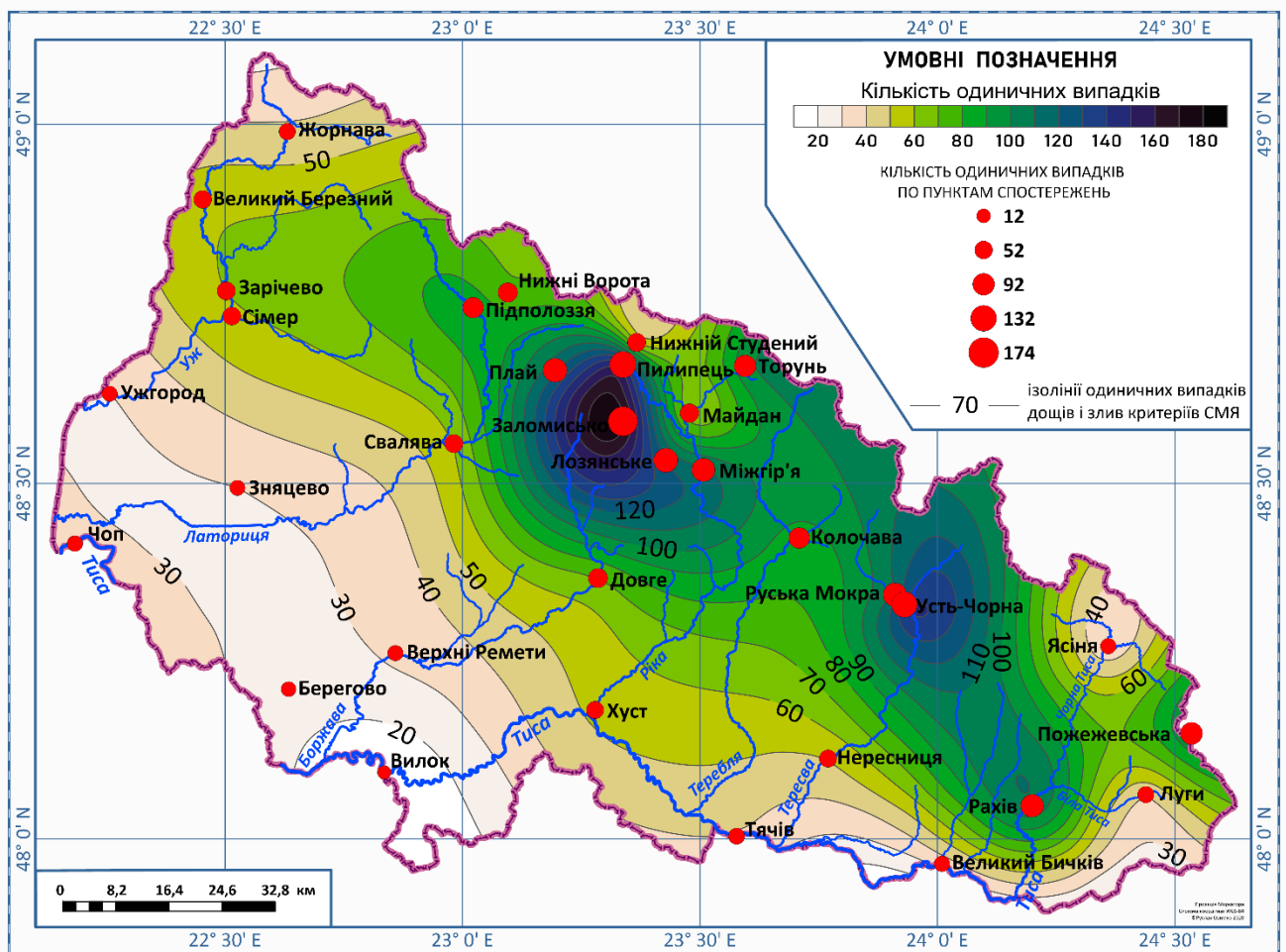


Рис. 3.24. Просторовий розподіл кількості одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив протягом 1990-2019 рр.

З рис. 3.24 одразу помітно, що в межах Закарпаття виділяються дві зони максимумів сильних та надзвичайних дощів і сильних злив. Основна з них розташована на Полонині Боржаві – МП Заломисько (174 одиничні випадки), а інша у верхів'ї р. Тересви – ГП Усть-Чорна (136 одиничних випадків) та ГП Руська Мокра (114 одиничних випадків). Найменша кількість сильних та

надзвичайних дощів спостерігається в межах Закарпатської низовини із зоною мінімуму у Вилоку (12 одиничних випадків). Загалом, в гірській частині території, в середньому зафіксовано 50-80, а на низовинній – 20-35 одиничних випадків. Це пояснюється складною взаємодією циркуляційних процесів з орографією.

Над територією Закарпаття, як і над всією Європою, домінує західний перенос повітряних мас. Отже, більшість атмосферних фронтів переміщуються через Українські Карпати із заходу та південного-заходу – з регіону Західних Карпат або Середньодунайської низовини. Таким чином, атмосферні fronti, що проходять через Закарпаття орієнтовані паралельно чи перпендикулярно до навітряних схилів гірських хребтів. Зони опадів безперешкодно проходять над низовинною частиною території та гальмуються, стикаючись з основними гірськими хребтами, серед яких: Полонина Боржава (Сл Плай, МП Заломисько, МП Пилипець та МП Лозянське), Красна, Свидовець, Чорногора (Сл Пожежевська) [94]. В результаті, над горами випадає суттєва кількість опадів. Особливу небезпеку становлять активні фронтальні зони, які переміщуються паралельно з напрямком руху висотних повітряних течій. Тобто fronti, що простягаються в паралельних потоках. При таких синоптичних ситуаціях тривалість проходження фронтальних зон збільшується і, відповідно, зростає період випадання дощів, що, в результаті, примножує кількість опадів.

Також варто відзначити, що просторовий розподіл повторюваності сильних та надзвичайних дощів підпорядковується тим самим закономірностям, що й загальний розподіл всіх стихійних опадів. Мається на увазі, що вплив орографії однаково визначає диференціацію всіх опадів, незалежно від їх фазового стану.

Звернувши увагу на рис. 3.24, можна помітити збільшення кількості сильних та надзвичайних дощів, разом з абсолютними висотами, з північного-заходу на південний-схід області – від 50-60 до 80-100 одиничних випадків. Винятком є Ясинська улоговина (ГП Ясіня – 33 одиничні випадки) та верхів'я р. Білої Тиси (ГП Луги – 41 одиничний випадок), так як ці території захищені

високими гірськими хребтами і розташовані з підвітряного боку в зоні «дощової тіні».

Збільшення кількості опадів з висотою, а значить і кількості сильних та надзвичайних дощів, показано і в дослідженнях німецького вченого Ф. Лаушера на основі даних довготривалих спостережень 1300 метеостанцій. Всі вони були згруповані за трьома основними категоріями (рис. 3.25): нижче 1 км (1029 станцій), 1-2 км (222) та 2-3 км (43), для трапецій 10° широти на 20° довготи між 35° пд. ш. та 55° пн. ш., від 130° сх. д. на захід до 110° зх. д. Лаушер виділив 5 основних типів: тропічний (Т), екваторіальний (Е), перехідний (П), помірний (Пом), полярний (Пол) [14]. Саме в типі помірних широт (Пом) спостерігається сильне збільшення опадів з висотою.

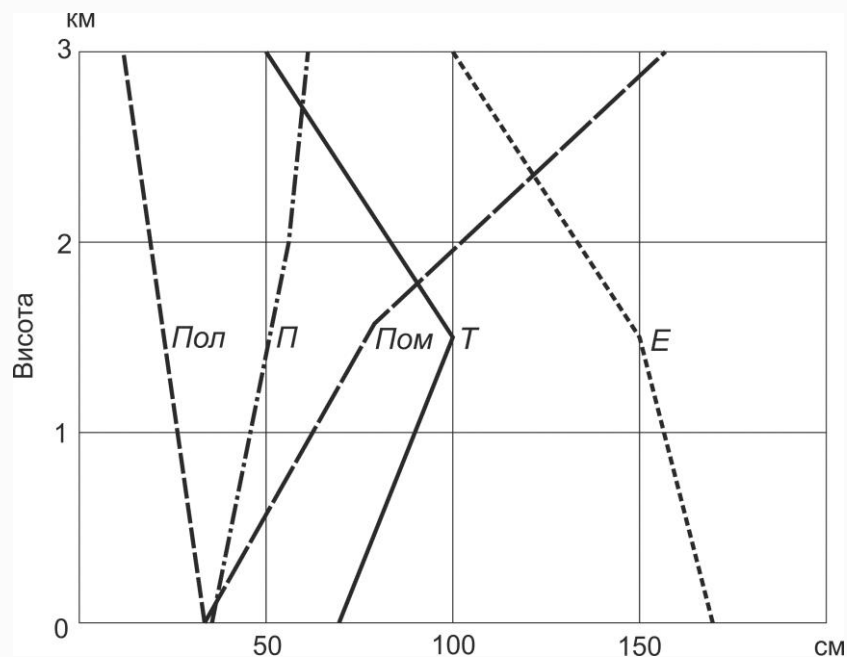


Рис. 3.25. Вертикальні профілі середніх річних сум опадів у екваторіальних (Е), тропічних (Т), помірних (Пом) та полярних (Пол) районах.

П – перехідна форма між 30° та 40° пн. ш. [14]

Розподіл середньої річної кількості одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по території Закарпаття, як і випадку загального розподілу стихійних опадів, достатньо нерівномірний (рис. 3.26).

Зони максимумів повторюваності приурочені до Полонини Боржави (Сл Плай – 4, МП Заломисько – 6, МП Пилипець – 5 одиничних випадків) та до верхів'я р. Тересви (ГП Руська Мокра і Усть-Чорна – 4-5 одиничних випадків), р. Шопурки і р. Тиси (М Рахів – 4 одиничні випадки). В загальному, зона максимумів повторюваності, простягається з північного заходу на південний схід – через основні гірські хребти Українських Карпат.

Найменша повторюваність сильних та надзвичайних дощів і сильних злив на Закарпатській низовині (АМСЦ Ужгород, М Берегово, ГП Зняцево, ГП Чоп, ГП Верхні Ремети, ГП Вилок – по 1 одиничний випадок). Така сама низька повторюваність характерна для Верхньотисенської котловини та внутрішніх районів Українських Карпат до яких відносяться: верхів'я р. Уж та Білої Тиси, північно-східна частина Воловецького та Міжгірського районів і Ясинська улоговина.

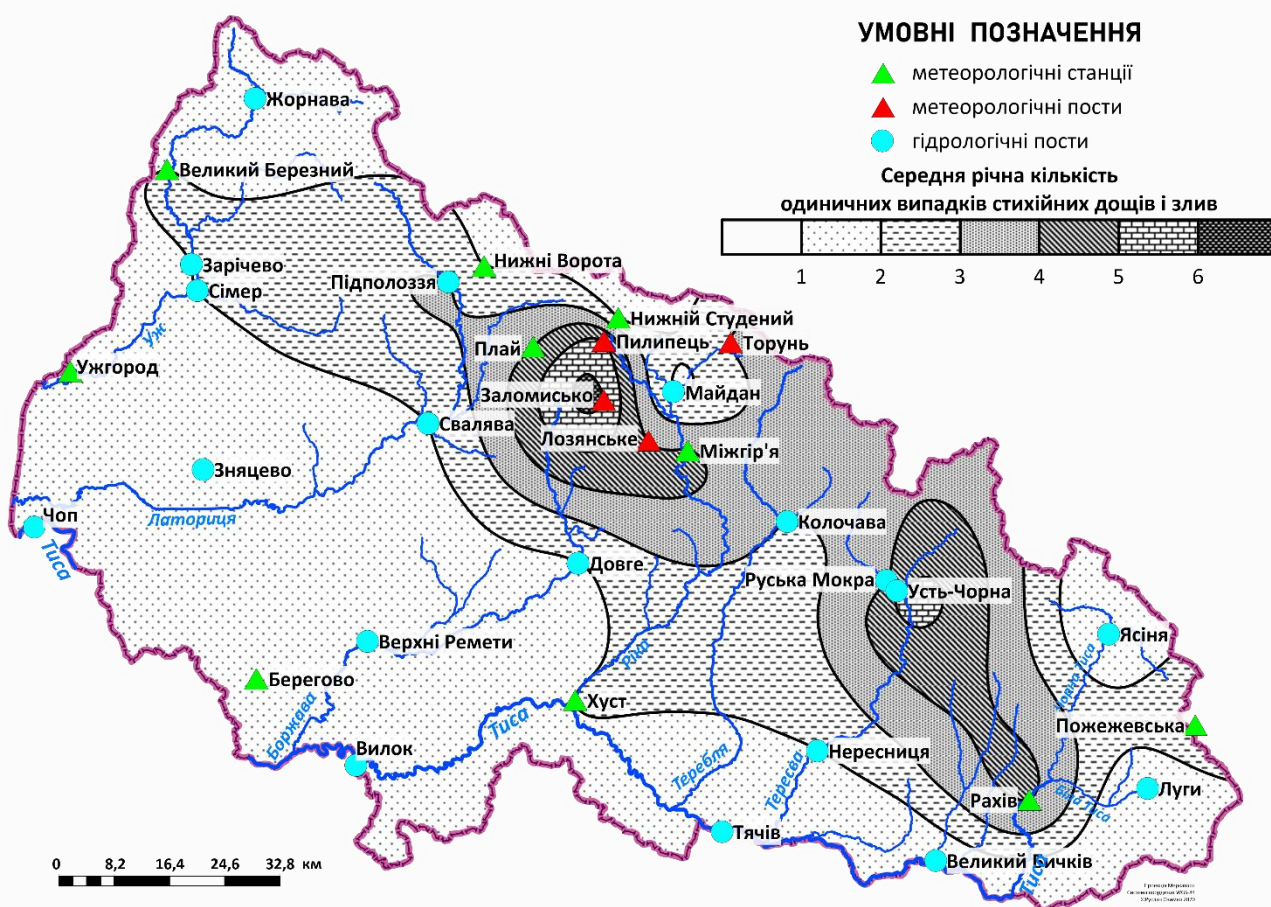


Рис. 3.26. Середня річна кількість одиничних випадків сильних і надзвичайних дощів та сильних злив по території Закарпатської області

Для безперешкодного функціонування всіх галузей національної економіки Закарпаття, а в першу чергу для раціонального ведення сільського господарства, значний інтерес становить сезонний розподіл стихійних дощів (рис. 3.27).

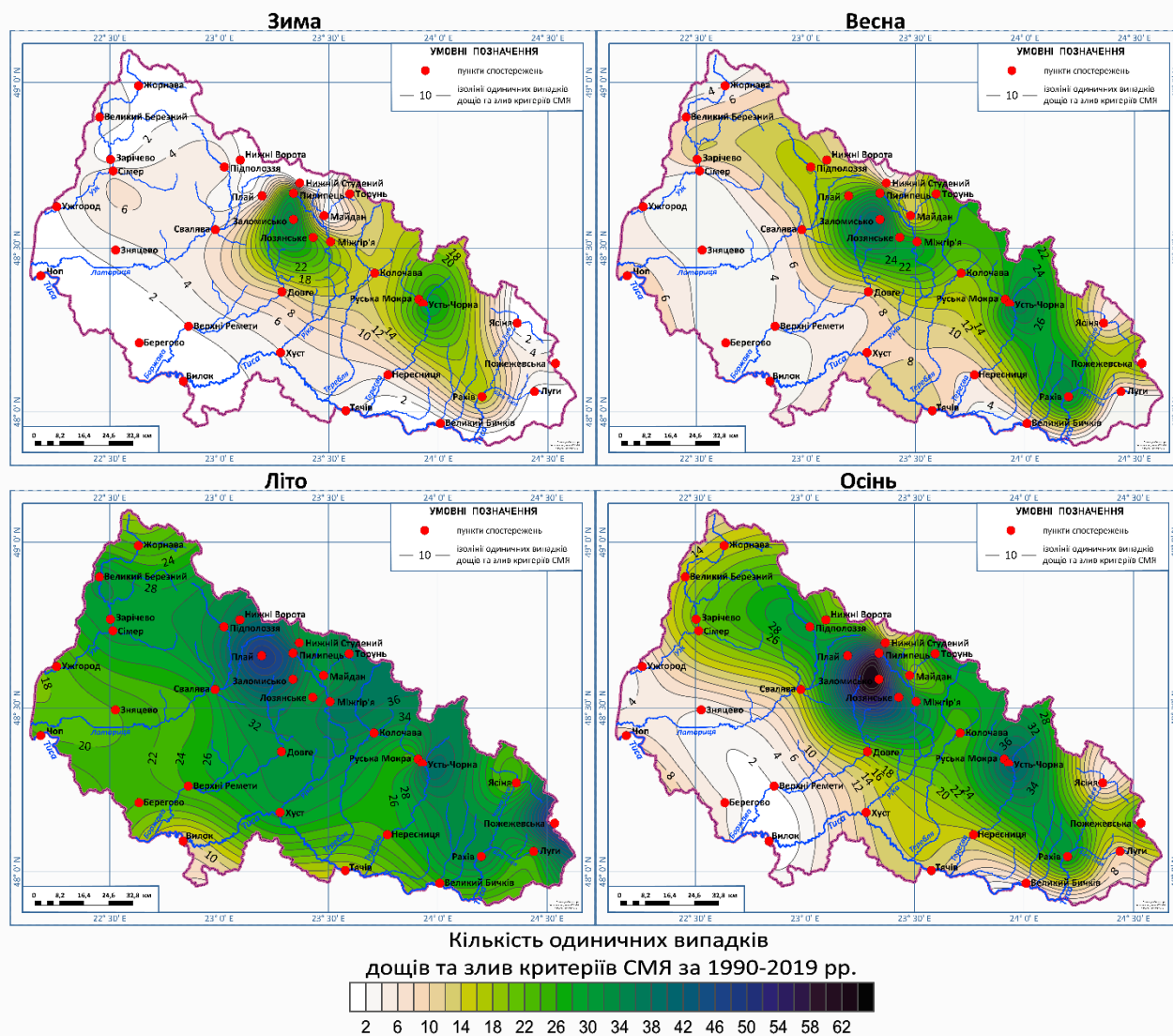


Рис. 3.27. Сезонний розподіл кількості одиничних випадків стихійних дощів у Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.

З рис. 3.27 одразу помітно, що максимумами повторюваності стихійних дощів в усі сезони року територіально співпадають. Винятком є тільки територія гірського хребта Черногора (Сл Пожежевська) де влітку спостерігається найбільша кількість сильних та надзвичайних дощів і сильних злив – 54 одиничні випадки за 30 років. Навесні та восени зона максимуму тут

виражена значно слабкіше, а взимку взагалі відсутня. Кількісні показники просторового розподілу повторюваності в розрізі сезонів суттєво змінюються – від 0-35 одиничних випадків взимку до 10-54 влітку та 0-64 восени.

Взимку чітко виділяються дві зони максимумів повторюваності стихійних дощів: центральна гірська частина території (Полонина Боржава, МП Заломисько – 35 одиничних випадків) та верхня частина басейну р. Тересви (ГП Усть-Чорна – 29 та ГП Руська Мокра – 25 одиничних випадків). На іншій території стихійні опади фіксуються вкрай рідко – від 1 до 8 одиничних випадків за 30 років, а подекуди їх не було зовсім (М Берегово та ГП Великий Бичків, Вилок, Чоп, Ясіня).

Навесні зона максимумів стихійних дощів розширюється охоплюючи майже всю гірську частину області. Виділяється територія Полонини Боржави (МП Заломисько – 36 одиничних випадків), верхів'я р. Тересви (ГП Усть-Чорна – 29 одиничних випадків) та верхів'я р. Тиси (М Рахів – 28 одиничних випадків).

Влітку спостерігається найбільше просторове поширення стихійних дощів по території Закарпаття. Зони максимумів повторюваності, як і в інші сезони, приурочені до основних гірських хребтів: Полонина Боржава (Сл Плай – 50 одиничних випадків) та Чорногора (Сл Пожежевська – 54 одиничні випадки).

Восени площі випадання стихійних дощів та злив менші ніж влітку. В південно-західній частині Закарпатської низовини такі опади дуже рідкісні. Тут їх багаторічна повторюваність становить 1-3 одиничні випадки за 30 років, а подекуди вони не фіксувалися взагалі (ГП Вилок). Також восени спостерігаються найбільші кількісні контрасти між повторюваністю сильних і надзвичайних дощів – від 1-4 на низовині до 40-64 одиничних випадків в горах. Чітко виділяється одна зона найбільшої повторюваності – Полонина Боржава (МП Заломисько – 64, МП Пилипець – 52 та Сл Плай – 41 одиничний випадок за 30 років).

При кліматичних дослідженнях СМЯ важливе значення має величина прояву явища на певній території. Саме завдяки цьому параметру можна визначати кліматичні екстремуми та їх просторово-часовий розподіл. В даному випадку, для території Закарпаття, виділено території з зафіксованими найбільшими стихійними дощами і зливами. Для цього, за досліджуваний період, по кожному пункту спостережень було вибрано одиничний випадок стихійного дощу чи зливи (33 випадки) з найбільшою кількістю опадів. Зрозуміло, що часова дискретність суттєва, оскільки такі дощі чи зливи спостерігалися в різні роки, сезони та дні. Результат картографування представлений на рис. 3.28.

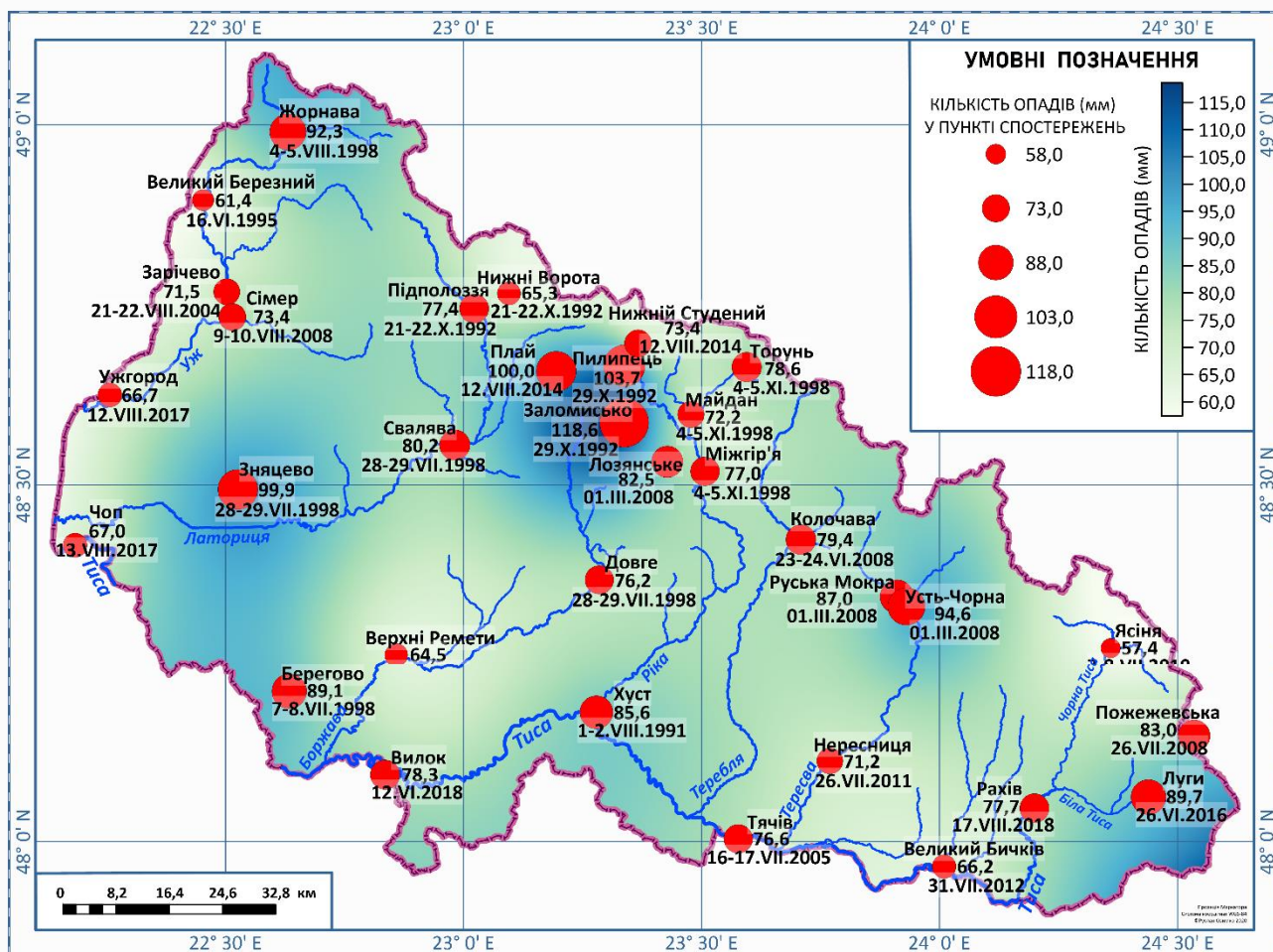


Рис. 3.28. Кліматичні екстремуми кількості опадів при дощах критеріїв СМЯ II та СМЯ III, протягом 1990-2019 рр.

На рис. 3.28 одразу виділяються такі зони кліматичних екстремумів надзвичайних дощів: високогірна територія Полонини Боржави (МП Заломисько – 118,6 мм за 12 год 29 жовтня 1992 року), верхів'я р. Тересви (ГП Усть-Чорна – 94,6 мм за 12 год 1 березня 2008 року), південно-східна частина Рахівського району (ГП Луги – 89,7 мм за 1 год 30 хв 26 червня 2016 року), верхів'я р. Уж (ГП Жорнава – 92,3 мм за 12 год 4-5 серпня 1998 року) та центр Закарпатської низовини (ГП Зняцево – 99,9 мм за 12 год 28-29 липня 1998 р.).

За досліджуваний період на всіх пунктах спостережень, хоча б один раз, фіксувалися надзвичайні дощі (≥ 50 мм / ≤ 12 год). Більшість кліматичних екстремумів надзвичайних дощів, по пунктам спостережень, фіксується влітку (22 пункти / 66,7%). Дуже рідко (1 пункт / 3,0%) екстремуми спостерігаються взимку (ГП Верхні Ремети – 64,5 мм за 12 год 11 лютого 1999 року). Трохи частіше (3 пункти / 9,1%) такі надзвичайні дощі фіксуються навесні (ГП Усть-Чорна – 94,6 мм, ГП Руська Мокра – 87,0 мм та МП Лозянське – 82,5 мм за 12 год. 1 березня 2008 року). Восени кількість кліматичних екстремумів вища ніж взимку та навесні, але нижча ніж влітку і становить 21,2% / 7 пунктів.

Дані табл. 3.6 дають уявлення про повторюваність (%) випадання опадів різних кількісних градацій під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив. Найбільша повторюваність (33-52%) припадає на сильні дощі градацією 30,0-35,0 мм / ≤ 12 год. По мірі збільшення кількості опадів під час сильних дощів (30-49 мм / ≤ 12 год), стрімко зменшується їх повторюваність. Проте така картина досить часто порушена при кількісному розподілі надзвичайних дощів (≥ 50 мм / ≤ 12 год). В деяких пунктах спостережень надзвичайні дощі вищих градацій випадають частіше ніж нижчих. Жоден з пунктів спостережень, вказаних у табл. 3.6, не має безперервного ряду опадів всіх градацій. Відсутність опадів певних градацій починається з $\geq 50,4$ мм, що свідчить про значну варіацію кількості опадів, що випадає під час надзвичайних дощів. Найбільша диференціація повторюваності кількості опадів під час надзвичайних дощів спостерігається у Берегові, Хусті, Міжгір'ї, Усть-Чорній, на Плаю та Пожежевській.

Таблиця 3.6

**Повторюваність (%) опадів різних градацій під час
сильних та надзвичайних дощів і сильних злив**

Пункти спостережень	Кількість опадів, мм за ≤ 12 год										
	30,0-35,0	35,1-40,1	40,2-45,2	45,3-50,3	50,4-55,4	55,5-60,5	60,6-65,6	65,7-70,7	70,8-75,8	75,9-80,9	$\geq 81,0$
	Повторюваність (%)										
М Берегово	46,1	23,1	11,5	11,5	3,8	-	-	-	-	-	3,8
АМСЦ Ужгород	36,7	30,0	16,7	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	-	-	-
М Хуст	48,1	25,0	13,5	7,7	1,9	1,9	-	-	-	-	1,9
М Великий Березний	50,0	25,0	8,9	10,7	1,8	-	3,6	-	-	-	-
М Рахів	50,5	24,3	14,0	3,7	2,8	1,9	1,9	-	-	0,9	-
М Міжгір'я	45,9	25,2	10,8	5,4	6,3	0,9	2,7	1,8	-	0,9	-
М Нижні Ворота	52,1	17,8	13,7	6,8	5,5	1,4	2,7	-	-	-	-
М Нижній Студений	51,7	25,0	11,7	5,0	-	3,3	-	1,7	1,7	-	-
Сл Плай	44,4	21,4	14,5	8,5	5,1	3,4	0,9	-	1,7	0,9	2,6
Сл Пожежевська	48,0	19,0	13,0	5,0	6,0	4,0	2,0	2,0	-	-	1,0
МП Заломисько	35,6	23,0	14,4	8,6	4,6	5,7	2,3	0,6	1,1	-	4,0
ГП Усть-Чорна	33,1	25,7	17,6	8,8	2,9	5,1	1,5	1,5	1,5	-	2,2
Загалом (33 пункти)	42,5	23,7	13,8	7,7	4,1	2,9	1,9	0,9	0,8	0,6	1,2

Закарпатська область характеризується значною селеактивністю, що пояснюється сприятливими географічними і кліматичними особливостями даної території. Селенебезпечні басейни займають 40% території області (11,25 тис.км²). В їх межах зафіксовано 270 селенебезпечних водотоків загальною площею 1803 км² [4, 106] (рис. 3.29). Головною причиною формування селів є сильні чи надзвичайні зливи та сильні чи надзвичайні дощі.

Співставлення рис. 3.29 та 3.24 дозволяє сказати, що зони найбільшої повторюваності сильних та надзвичайних дощів і сильних злив співпадають із зонами найактивніших селепроявів. До таких територій належать басейни річок: Ріки, Терєблі, Тересви, Білої та Чорної Тиси. Оскільки спостерігається тенденція до збільшення частоти випадання сильних та надзвичайних дощів і сильних злив, то й відповідно підвищуватиметься ризик формування селевих потоків.



Рис. 3.29. Схематичне зображення поширення ділянок сходження селів на території Закарпатської області [106]

3.2.2 Сильні та надзвичайні тривалі дощі

До сильних тривалих дощів відносять опади кількістю 100-149 мм за $>12... \leq 48$ год, а до надзвичайних тривалих дощів – ≥ 150 мм за такий самий інтервал часу [80]. Такі дощі завдають суттєвих збитків багатьом галузям економіки серед яких в першу чергу виділяється комунальне та сільське господарство, інфраструктура, будівництво, лісозаготівля тощо. Тривалі дощі призводять до катастрофічних паводків, затоплення різних територій (в тому числі населених пунктів і посівів зернових культур), активізації ерозійних, карстових та зсувних процесів, руйнування гідроспоруд та багато іншого. В теплий період року (квітень-жовтень) сильні та надзвичайні тривалі дощі

супроводжуються грозами, градом, інколи шквалистим посиленням вітру, що посилює їх негативний вплив [6, 54, 99, 101].

На території Закарпатської області, з усіх стихійних опадів (3104 одиничні випадки за 1990-2019 рр.), тривалі дощі є найрідкіснішим явищем – 177 одиничних випадків / 5,7%. За досліджуваний період на території області було зафіксовано 152 одиничні випадки сильних та 25 одиничних випадків надзвичайних тривалих дощів. Сильні та надзвичайні тривалі дощі фіксуються далеко не кожного року (табл. 3.7, рис. 3.30). Найбільше сильних тривалих дощів фіксувалося в 1992 – 15, 1998 – 13, 2001 – 24, 2008 – 12 та 2016 році – 14 одиничних випадків. В 1990, 1991, 1994, 1996, 2002, 2005, 2014 та 2018 роках тривалі дощі не спостерігалися. Коефіцієнт варіації повторюваності сильних тривалих дощів дуже значний і становить 116%.

Таблиця 3.7

Кількість сильних і надзвичайних тривалих дощів
у окремі роки та десятиріччя на території Закарпаття

Роки	Сильні та надзвичайні тривалі дощі		Сильні тривалі дощі			Надзвичайні тривалі дощі		
	одиничні випадки	випадки	одиничні випадки	випадки	кількість охоплених пунктів	одиничні випадки	випадки	кількість охоплених пунктів
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1990	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	15	4	15	4	9	-	-	-
1993	10	2	9	2	7	1	1	1
1994	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	6	4	6	4	4	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	2	2	2	2	2	-	-	-
1998	21	5	13	5	11	8	1	8
1999	6	2	6	2	5	-	-	-
1990-1999	60	19	51	19	21	9	2	9
2000	2	1	2	1	2	-	-	-
2001	32	2	24	2	16	8	2	6
2002	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2003	1	1	1	1	1	-	-	-
2004	2	1	2	1	2	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	1	1	1	1	1	-	-	-
2007	2	2	2	2	2	-	-	-
2008	14	5	12	4	9	2	2	2
2009	2	2	2	2	2	-	-	-
2000-2009	56	15	46	14	22	10	4	6
2010	10	2	9	2	8	1	1	1
2011	7	2	7	2	7	-	-	-
2012	1	1	1	1	1	-	-	-
2013	1	1	1	1	1	-	-	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	12	1	9	1	9	3	1	3
2016	16	3	14	3	13	2	1	2
2017	8	3	8	3	8	-	-	-
2018	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	6	2	6	2	5	-	-	-
2010-2019	61	15	55	15	18	6	3	5
Загалом	177	49	152	48	30	25	9	11
σ	7	1	6	1	4	2	1	2
C_v	127%	89%	116%	86%	106%	246%	195%	240%

Примітка: окремі суми випадків сильних та надзвичайних тривалих дощів перевищують загальну кількість випадків всіх опадів оскільки надзвичайні тривалі дощі фіксувалися разом з сильними, а при статистичних розрахунках приймалися як окремі випадки. «-» – сильні та надзвичайні тривалі дощі не фіксувалися.

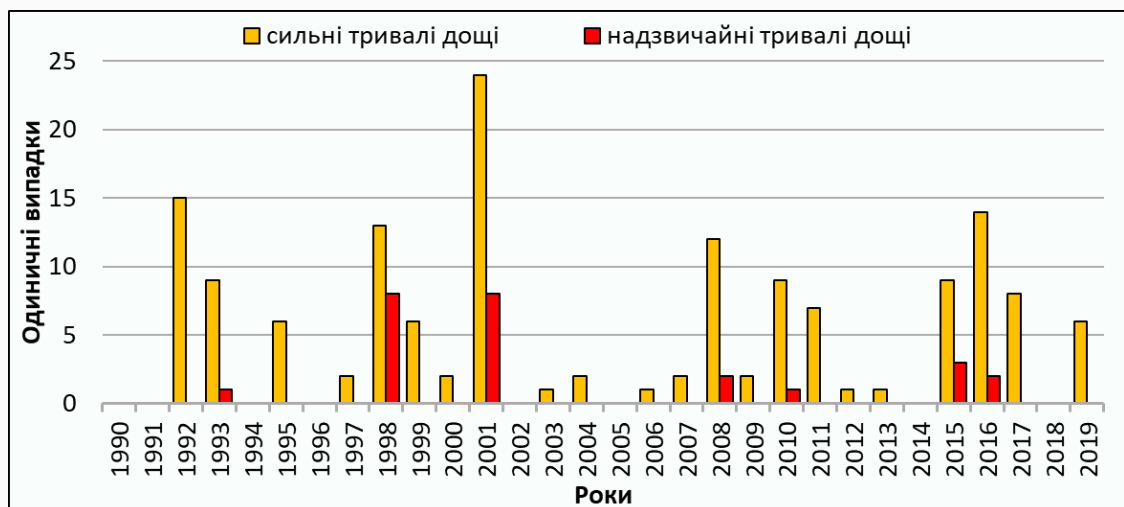


Рис. 3.30. Багаторічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних тривалих дощів

В табл. 3.7 кількість охоплених пунктів спостережень загалом та по десятиріччям менша ніж їх сума за окремі роки. Це пов'язано з тим, що протягом десятиріч та всього 30-річного періоду дослідження одні й ті самі пункти спостережень кілька разів фіксували сильні чи надзвичайні тривалі дощі. Тому, для уникнення дублювання одних і тих самих пунктів, їх кількість враховувалася із загального діапазону даних, а не просто підсумовувалася по рокам. В інакшому випадку кількість охоплених пунктів по десятиріччям та 30-річному періоду значно перевищила б наявні 33 пункти спостережень використані в дослідженні.

Міжрічна мінливість повторюваності надзвичайних тривалих дощів теж суттєва. Коефіцієнт варіації кількості одиничних випадків дуже значний і становить 246% (табл. 3.7). Максимум дощів з кількістю опадів ≥ 150 мм / $>12... \leq 48$ год припав на 1998 та 2001 рік – по 8 одиничних випадків. Протягом більшості років надзвичайні тривалі дощі не фіксувалися (рис. 3.30).

Площі охоплені сильними та надзвичайними тривалими дощами кожного разу різні. В середньому такі дощі фіксуються у 3 пунктах одночасно. Протягом 3-5 листопада 1998 року, 19-22 листопада 2015 року та 5-7 листопада 2016 року сильні та надзвичайні тривалі дощі випадали у 12 пунктах, а 3-5 березня 2001 року – у 20 пунктах (ДОДАТОК Е).

У ДОДАТКУ Є вміщено всі одиничні та систематизовані (по кількості одночасно охоплених пунктів) випадки сильних та надзвичайних тривалих дощів за 1990-2019 рр. За більш ранні роки інформація про такі опади опублікована в [91, 100, 101]. За період дослідження тривалі дощі спостерігалися на території розташування майже всіх пунктів спостережень, крім Вилока та Ужгорода. У попередні роки в цих пунктах спостережень фіксувалися дощі ≥ 100 мм / $>12... \leq 48$ год [100]. На жаль повністю порівнювати дані попередніх досліджень з теперішніми не можна оскільки до 2019 року діяли старі критерії і до тривалих дощів відносилися опади тривалістю 1-3 доби, а не до 2 діб як зараз.

Сильні та надзвичайні тривалі дощі на території Закарпатської області можливі в усі сезони року. Найбільша імовірність їх випадання припадає на осінь – 40,1% кількості всіх одиничних випадків (рис. 3.31). Найменша повторюваність таких дощів влітку – 16,9%. Діаграма сезонної повторюваності тривалих дощів за багаторічний період дуже динамічна. Різниця у кількості одиничних випадків по сезонам між сусідніми роками може сягати 24, що практично унеможливлює складання прогнозів настання тривалих дощів на довгострокову перспективу.

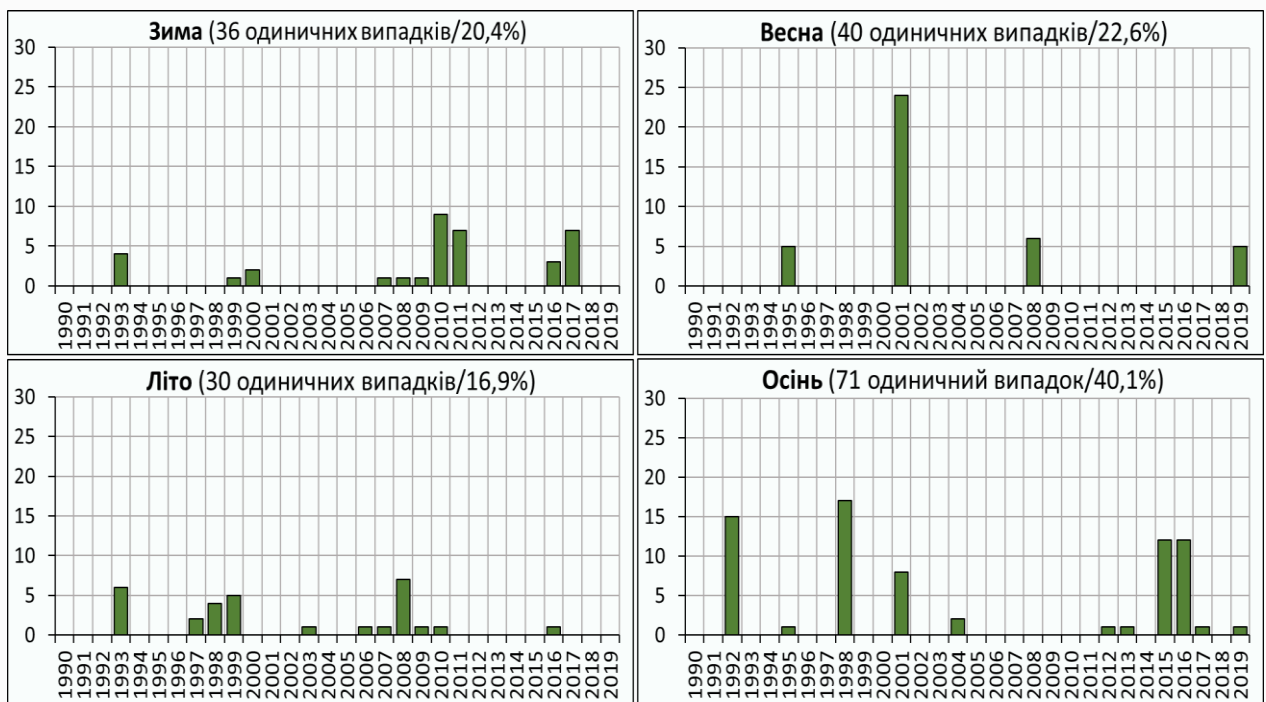


Рис. 3.31. Сезонна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних тривалих дощів у Закарпатській області (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

Найчастіше (31,6% / 56 одиничних випадків) тривалі дощі спостерігаються у листопаді (рис. 3.32). Вдвічі менше їх випадає у грудні (16,9% / 30 одиничних випадків), березні (18,1% / 32 одиничні випадки) та липні (13,6% / 24 одиничні випадки). Найменша імовірність випадання таких дощів у лютому, серпні та вересні (по 1,1% / 2 одиничні випадки).

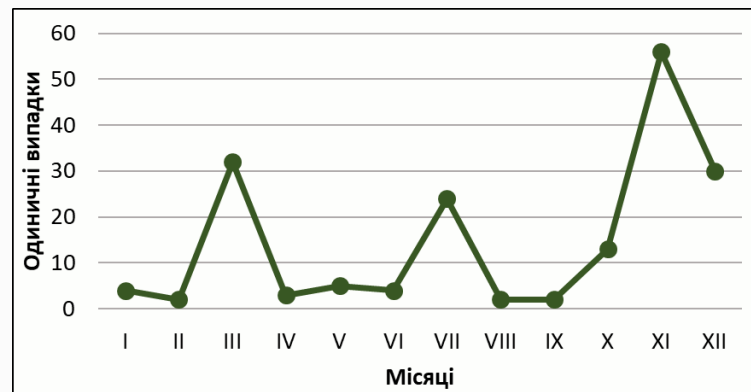


Рис. 3.32. Повторюваність сильних та надзвичайних тривалих дощів в окремі місяці протягом 1990-2019 рр.

За досліджуваний період на території Закарпатської області найбільша кількість опадів під час надзвичайних тривалих дощів фіксувалася: 3-5 листопада 1998 року (ГП Руська Мокра – 265 мм, ГП Усть-Чорна – 165 мм, М Міжгір'я – 180 мм, МП Заломисько – 212 мм, МП Пилипець – 201 мм, ГП Колочава – 172 мм) та 3-5 березня 2001 року (ГП Руська Мокра – 168 мм, МП Пилипець – 179 мм, МП Заломисько – 189 мм, ГП Колочава – 169 мм) (ДОДАТОК Є). Проте такі надзвичайні тривалі дощі бувають дуже рідко. Їх повторюваність на фоні всіх тривалих дощів (49 випадків) становить 4,1%, а на фоні всіх стихійних опадів (823 випадки) – 0,2%.

У табл. 3.8 наведено повторюваність різної кількості опадів під час тривалих дощів. Найчастіше (42,4%) випадають сильні тривалі дощі від 100 до 109 мм опадів. Зі збільшенням кількості опадів під час дощів різко зменшується їх повторюваність. Починаючи з градації 150-159 мм за $>12... \leq 48$ год частота випадання тривалих дощів не перевищує 4,5% або 8 одиничних випадків за 30 років. Надзвичайні тривалі дощі ≥ 200 мм дуже рідкісне стихійне метеорологічне явище з багаторічною повторюваністю 1,7%. Максимум кількості опадів під час надзвичайного тривалого дощу був зафіксований з 06⁰⁰ по 06⁰⁰ UTC 3-5 листопада 1998 року на ГП Руська Мокра – 265 мм за 48 год.

Аналіз тривалості випадання сильних та надзвичайних тривалих дощів показав, що більшість з них припадає на інтервал часу $>45... \leq 48$ год – 43,5% (табл. 3.9). Трохи менше сильних та надзвичайних тривалих дощів в діапазоні

часу $>35... \leq 40$ год – 37,3% всіх одиничних випадків. Найменша повторюваність характерна для дощів тривалістю $>15... \leq 20$ год, $>30... \leq 35$ год та $>40... \leq 45$ год – по 0,6%. Найбільш тривалі дощі спостерігалися 3-5 березня 2001 року в східній та центральній частині території Закарпатської області, протягом 36-48 год під час яких випало від 100 до 189 мм опадів.

Таблиця 3.8

Повторюваність (% / кількість одиничних випадків)
кількості опадів під час тривалих дощів

Повторюваність	Кількість опадів, мм										
	100-109	110-119	120-129	130-139	140-149	150-159	160-169	170-179	180-189	190-199	≥ 200
%	42,4	21,5	9,6	6,8	5,6	4,5	3,4	2,8	2,3	-	1,7
одиничні випадки	75	38	17	12	10	8	6	5	4	-	3

Таблиця 3.9

Повторюваність (% / кількість одиничних випадків)
різної тривалості дощів ≥ 100 мм опадів за $>12... \leq 48$ год

Повторюваність	Тривалість опадів, год							
	$>12... \leq 15$	$>15... \leq 20$	$>20... \leq 25$	$>25... \leq 30$	$>30... \leq 35$	$>35... \leq 40$	$>40... \leq 45$	$>45... \leq 48$
%	1,1	0,6	15,3	1,1	0,6	37,3	0,6	43,5
одиничні випадки	2	1	27	2	1	66	1	77

Просторовий розподіл повторюваності сильних та надзвичайних тривалих дощів у Закарпатській області географічно дуже нерівномірний (рис. 3.33). В цілому, він співпадає з розподілом інших стихійних опадів.

Найбільше тривалих дощів випадає на території Полонини Боржави (МП Заломисько – 21, МП Пилипець – 18, Сл Плай – 13 одиничних випадків). Трохи менше тривалих дощів фіксується в східній частині області у верхів'ї р. Тересви (ГП Усть-Чорна – 16 та ГП Руська Мокра – 15 одиничних випадків). Третьою, менш вираженою, зоною максимумів повторюваності є хребет

Чорногора (Сл Пожежевська – 11 одиничних випадків за 30-річчя). Найменше тривалих дощів ≥ 100 мм за $>12 \dots \leq 48$ год випадає на крайньому заході та півдні Закарпатської області – 1-2 одиничні випадки за 30-річчя. На цих територіях, подекуди за досліджуваний період, сильні та надзвичайні тривалі дощі не фіксувалися зовсім. Серед таких пунктів спостережень: АМСЦ Ужгород, ГП Вилок та ГП Великий Бичків.

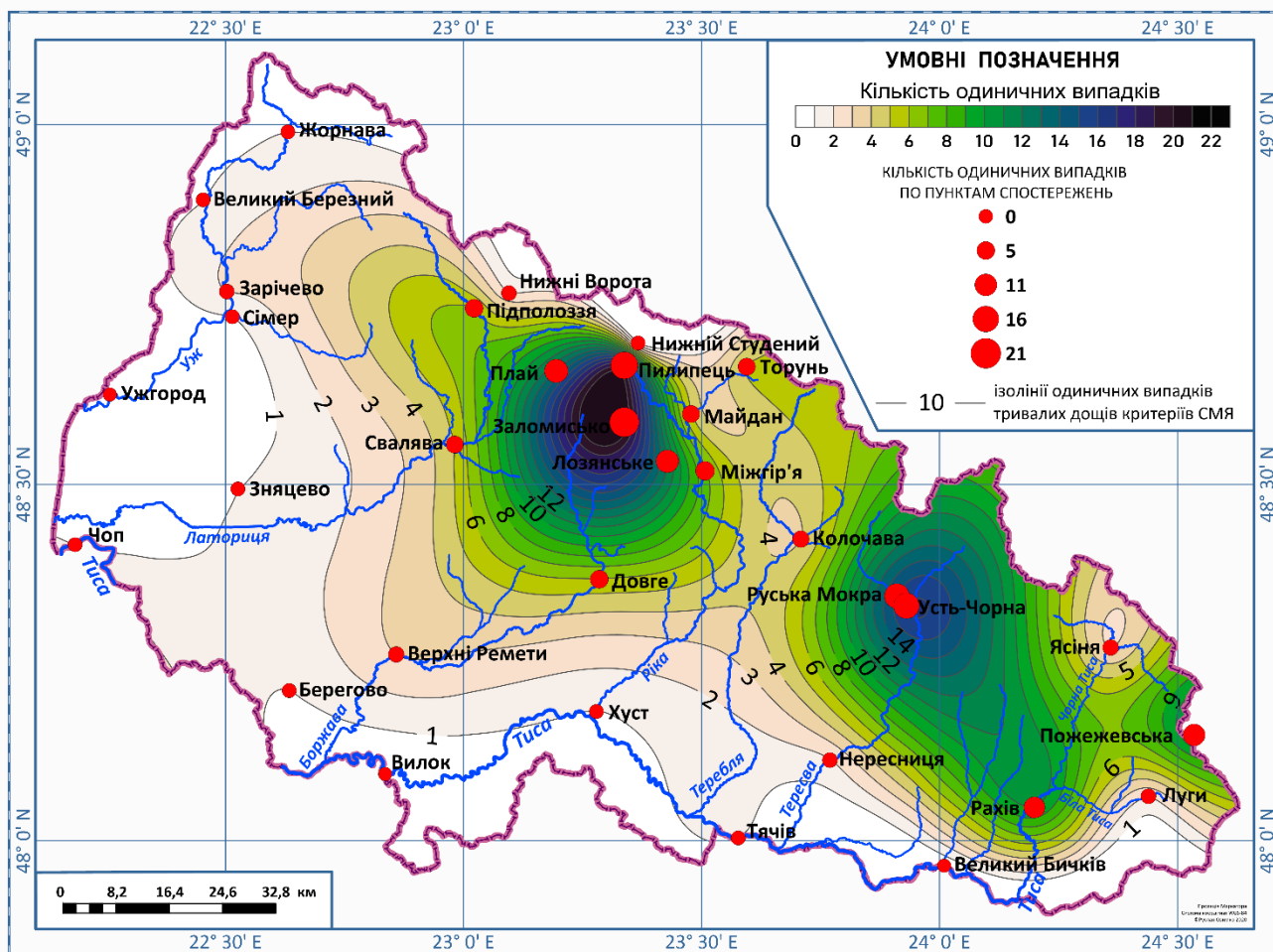


Рис. 3.33. Просторовий розподіл кількості одиничних випадків сильних та надзвичайних тривалих дощів протягом 1990–2019 рр.

Вплив орографії на просторовий розподіл багаторічної повторюваності тривалих дощів чітко прослідковується за контрастами зон максимумів та мінімумів. Найбільша різниця прослідковується між М Нижній Студений (1 одиничний випадок) та МП Пилипець (18 одиничних випадків). Відстань по прямій між пунктами спостережень становить 5 км, а контраст багаторічної

кількості тривалих дощів 17 одиничних випадків. Ключовим фактором такої кліматичної відмінності є рельєф місцевості. М Нижній Студений розташована на висоті 615 м н.р.м. в захищеній долині р. Студенки, а МП Пилипець – на висоті 750 м н.р.м. на відкритій місцевості північно-східного схилу Полонина Боржави. Вологі повітряні маси, що у більшості випадків рухаються із заходу, затримуються над хребтом Полонина Боржава середні висоти якого 1100-1400 м н.р.м., що зумовлює випадання на цій території основної кількості опадів.

Сезонний розподіл кількості сильних і надзвичайних тривалих дощів показує, що взимку та восени фіксується вдвічі більше одиничних випадків ніж весною та влітку (рис. 3.34).

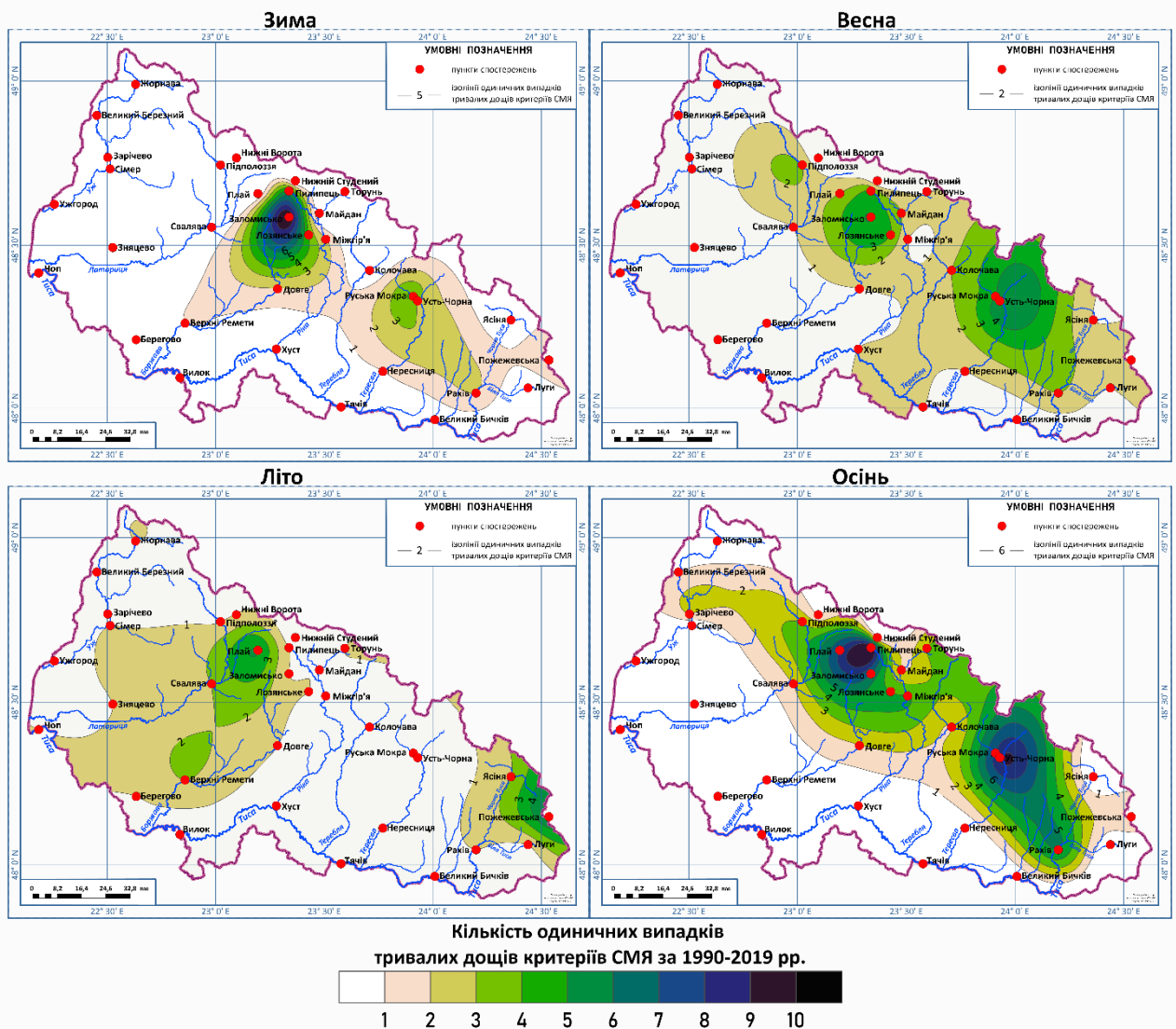


Рис. 3.34. Сезонна повторюваність тривалих дощів у Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.

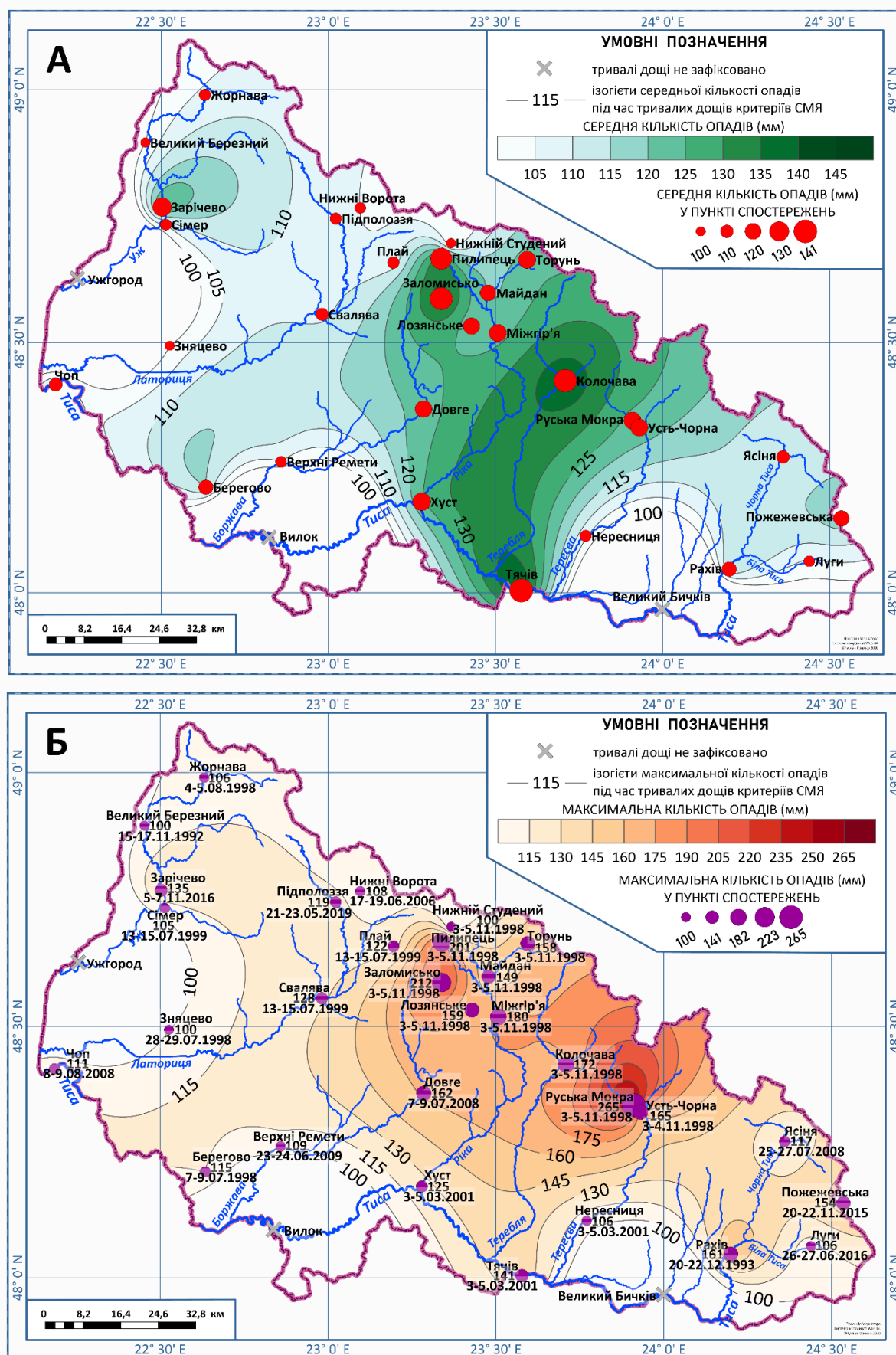
В усі пори року незмінною зоною максимумів повторюваності є Полонина Боржава де взимку та восени фіксується до 10, а влітку та навесні – до 5 одиничних випадків. Територіями де жодного разу не фіксувалися або дуже рідко (1-2 одиничні випадки) спостерігалися дощі ≥ 100 мм опадів за $>12... \leq 48$ год є: верхів'я р. Уж, Верхньотисенська котловина та вся Закарпатська низовина.

Найбільші площі охоплені сильними та надзвичайними тривалими дощами властиві для осені, коли більша гірська частина території області була зайнята ними. Жодного разу не спостерігалось 100% покриття території Закарпатської області сильними та надзвичайними тривалими дощами.

Просторовий розподіл кількості опадів, яка випадає під час тривалих дощів дає можливість оцінити ступінь ризиків щодо затоплення різних територій, прогнозувати підняття рівнів води в річках, визначати місця формування селевих потоків, зсувів та інших несприятливих природних процесів і явищ [41, 47].

На рис. 3.35 відображено простору диференціацію середньої (А) та максимально зафіксованої (Б) кількості опадів під час сильних та надзвичайних тривалих дощів за всіма пунктами спостережень.

В середньому, під час тривалих дощів критеріїв СМЯ, по території Закарпатської області випадає 116 мм опадів. Зонами найбільшої середньої кількості опадів є весь басейн р. Терєблі (ГП Тячів – 141 мм та ГП Колочава – 139 мм) і гірський хребет Полонина Боржава (МП Заломисько – 138 мм та МП Пилипець – 135 мм) (рис. 3.35 А). В загальному можна відзначити, що найбільша кількість опадів під час тривалих дощів випадає у центральній частині Закарпаття. Зонами найменшої кількості опадів під час тривалих дощів є західна і південно-східна частини Закарпатської низовини (АМСЦ Ужгород – жодного випадку, ГП Чоп – 111 мм, ГП Зняцево – 100 мм, ГП Верхні Ремети – 105 мм, ГП Вилоч – жодного випадку) та басейни р. Білої Тиси, р. Шопурки і р. Косівської (ГП Луги – 104 мм, М Рахів – 115 мм, ГП Великий Бичків – жодного випадку).



Конфігурація зон рекордної кількості опадів під час тривалих дощів (рис. 3.35 Б) не зовсім співпадає із середніми значеннями. Найбільша з максимальних кількостей опадів фіксувалася у верхів'ї р. Тересви (ГП Руська Мокра – 265 мм за 48 год). Центральна частина Українських Карпат в якій розташовані гірські хребти Полонина Боржава та Красна є зоною рекордної кількості опадів під час тривалих дощів на території Закарпаття. На Полонині Боржаві найбільша кількість опадів була зафіксована 3-5 листопада 1998 року на МП Заломисько за 36 год випало 212 мм. Виділяються три зони мінімально зафіксованої кількості опадів (≥ 100 мм / $>12 \dots \leq 48$ год) під час тривалих дощів, які співпадають із розподілом середньої кількості опадів. До них належить західна та південна частина Закарпатської низовини і Верхньотисенська котловина.

У Національному атласі України [68], в розділі «Кліматичні умови та ресурси» наявна карта просторового розподілу добових максимумів опадів на території України (рис. 3.36). В основному дана карта створена на основі даних добових кількостей опадів вміщених в кліматологічні стандартні норми (1961-1990 рр.) [48]. Під час формування бази даних до дисертаційного дослідження розглядалися всі опади за 1990-2019 рр. по 33 пунктам спостережень. Це дало змогу створити власну карту просторового розподілу добових максимумів опадів на території Закарпатської області за ідентичною методикою (рис. 3.37).

Порівняння просторово розподілу добових максимумів опадів двох 30-річних послідовних кліматологічних періодів, у певній мірі, дає можливість говорити про зменшення кількості опадів під час сильних та надзвичайних тривалих дощів. Також новостворена, більш великомасштабна карта, для Закарпатської області показує значно менші площі на яких випадали надзвичайні тривалі дощі (≥ 150 мм / $>12 \dots \leq 48$ год). Тому з цього виходить, що за останні 60 років поступово зменшилися інтенсивність та географічне поширення сильних і надзвичайних тривалих дощів на території Закарпатської області.

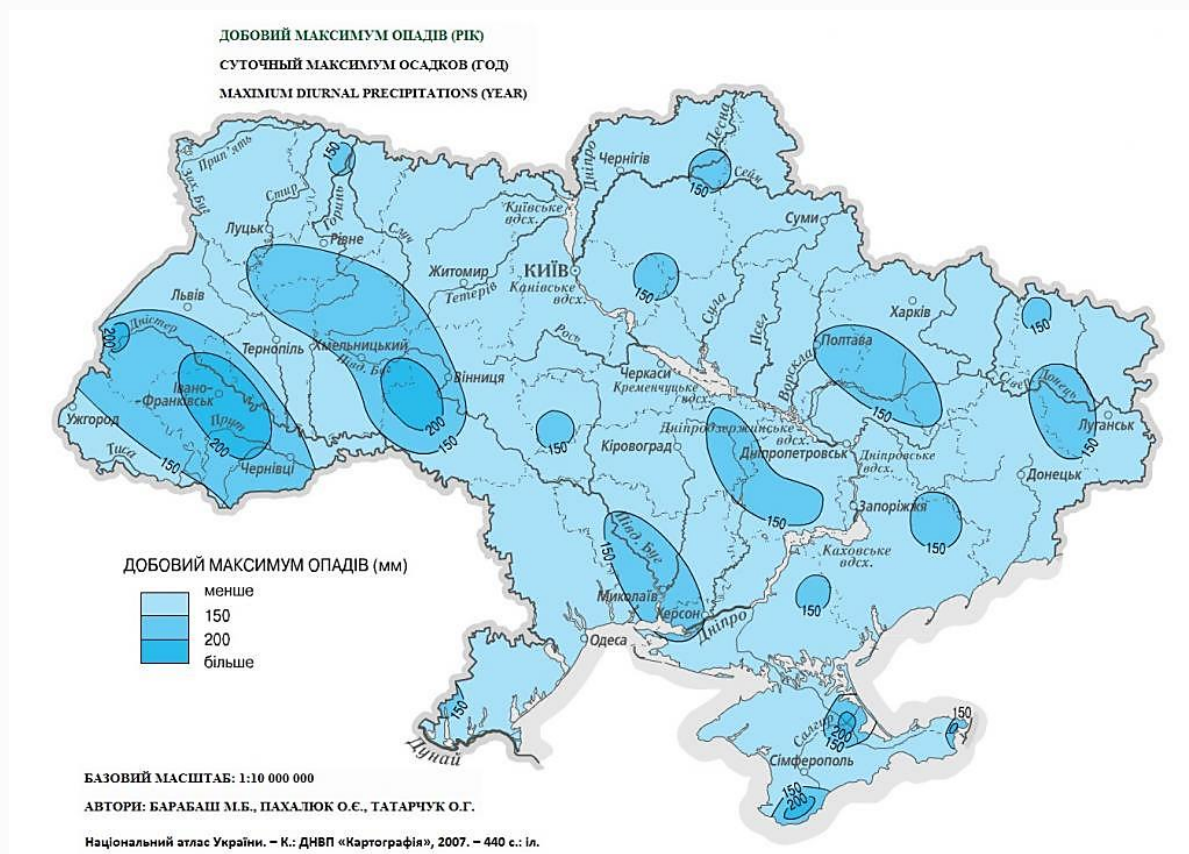


Рис. 3.36. Добовий максимум опадів на території України [68]

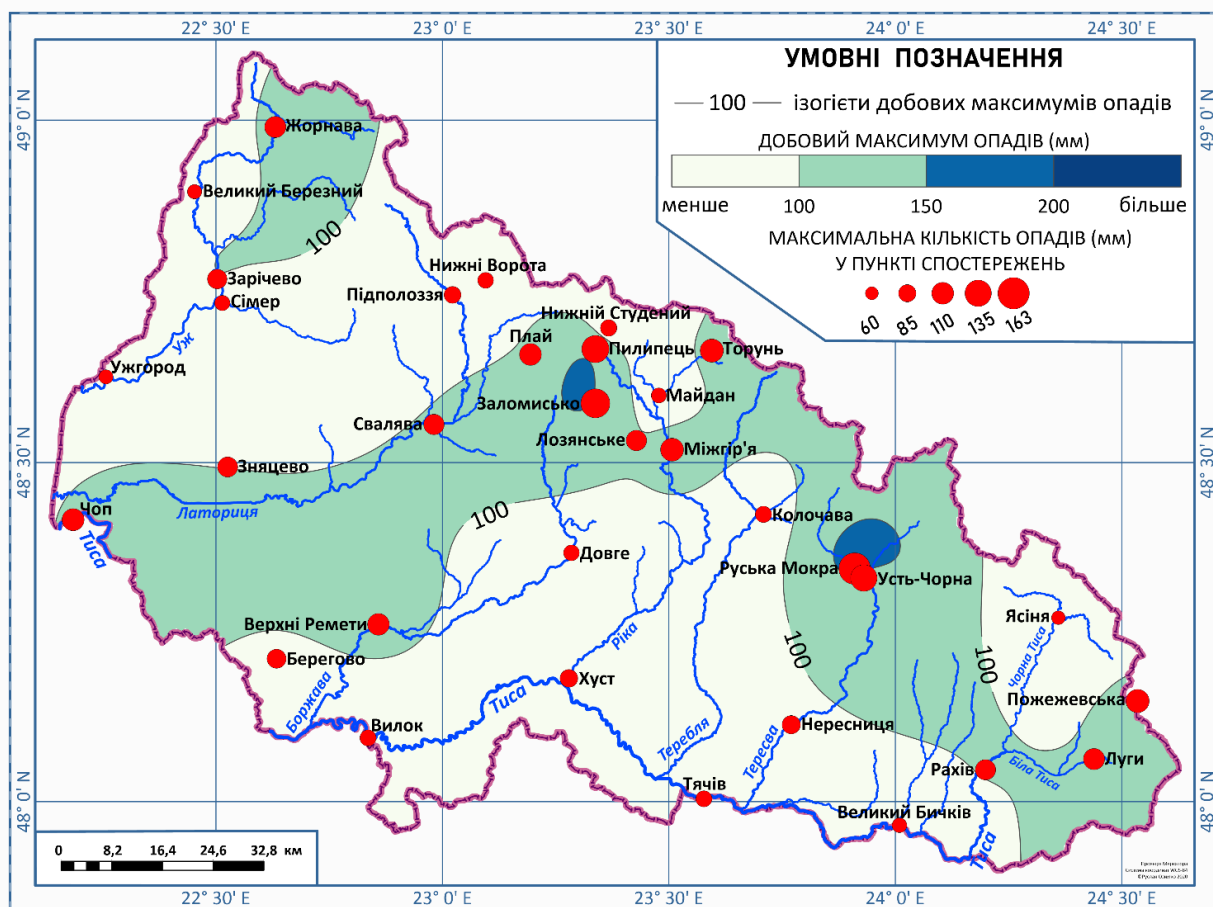


Рис. 3.37. Добовий максимум опадів на території Закарпатської області

Більша частина території Закарпатської області охоплює гірську частину Українських Карпат, що характеризується найбільш високою динамікою геологічного середовища. Тут широко розвинуті такі небезпечні екзогенні геологічні процеси, як зсуви, селі, бічна ерозія, а також карст. Одним із найважливіших чинників активізації зсувів є кліматичний фактор, у першу чергу кількість атмосферних опадів, висота снігового покриву та температура повітря [4]. Сильні та надзвичайні дощі, сильні та надзвичайні зливи, а також сильні та надзвичайні тривалі дощі є одними з головних причин розвитку зсувних процесів.

Згідно інформації Закарпатського геолого-гідрогеологічного центру Львівської ГРЕ станом на 1 січня 2019 року на території області картографовано 3286 зсувів загальною площею 385,208 км² (рис. 3.38) [4].

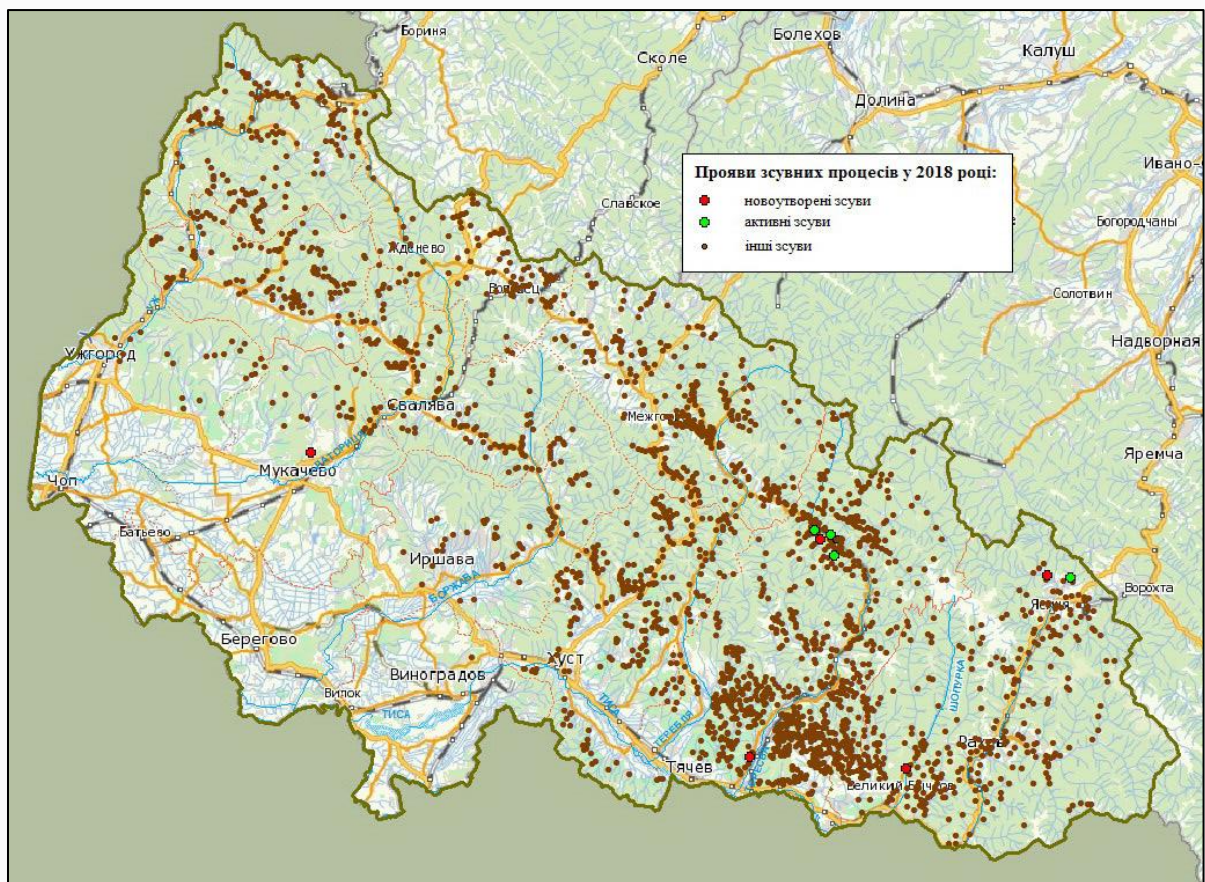


Рис. 3.38. Поширення зсувних процесів на території Закарпатської області станом на 1 січня 2019 року [4]

Найбільш ураженими зсувами є район низькогірного та терасового рельєфу Солотвинської котловини Закарпатського регіону, де закартовано 809 зсувів, що становить 24,7% від загальної їх кількості на території Закарпаття, а також район Скелястих пасом (224 зсуви або 14,7% від загальної кількості). Значна кількість зсувів зосереджена в межах Полонинського хребта (550 зсувів), середньовисотних хребтів Привододільних Горган (513 зсувів), гірських хребтів Свидовця – Чорногори (342 зсувів) і Завигорлат-Гутинської міжгірської долини (273 зсуви) [4].

Співставлення рис. 3.38, 3.35 та 3.33 дає можливість сказати, що зони найбільшої повторюваності одиничних випадків та найбільшої кількості опадів під час тривалих дощів, в цілому, співпадають з територіями поширення зсувів. Враховуючи збільшення повторюваності всіх дощів критеріїв СМЯ впливає висновок про те, що у майбутньому наявні зсувні процеси по території Закарпатської області активізуватимуться, а також утворюватимуться нові осередки зсувів.

3.2.3 Сильні та надзвичайні снігопади

Згідно нормативних вимог [80] до сильних снігопадів належать такі стихійні метеорологічні явища при яких випадає кількість опадів 20-29 мм за ≤ 12 год, а до надзвичайних – ≥ 30 мм за ≤ 12 год, що відповідно є критеріями СМЯ II та СМЯ III. Критерії мокрих снігопадів більш ніж вдвічі вищі: для сильних – 50-79 мм за ≤ 12 год, а для надзвичайних – ≥ 80 мм за ≤ 12 год. Проте в роботі сильні та надзвичайні мокрі снігопади по критеріям прирівняні до сухих та вивчалися комплексно. Причини такої уніфікації були детально викладені вище в підрозділі 2.1. Звичайно снігопади можуть тривати й більше 12 год та у поєднанні з іншими небезпечними чи стихійними явищами, наприклад: посиленням вітру та хуртовинами, налипанням мокрого снігу, що посилює небезпечність цього явища.

В першу чергу, сильні і надзвичайні снігопади створюють умови для сходження снігових лавин та ускладнюють чи паралізують рух на дорогах. Під час інтенсивного випадання мокрого снігу часто відбувається його налипання на різних навколишніх предметах, ламаються гілки дерев, обриваються дроти ліній електропередач та зв'язку, порушуються будівельні роботи та ускладнюється функціонування комунального господарства. Пізні снігопади унеможливають проведення весняних сільськогосподарських робіт та посилюють ризик виникнення паводкових ситуацій в результаті формування потужного снігового покриву з його наступним таненням [100, 101, 111].

Протягом 1990-2019 рр. на території Закарпатської області було зафіксовано 447 одиничних випадків сильних та 132 одиничні випадки надзвичайних снігопадів (табл. 3.10). Середня річна повторюваність сильних снігопадів досить значна і становить 15 одиничних та 7 систематизованих випадків, а надзвичайних – 4 одиничні та 2 систематизовані випадки за досліджуваний період.

Таблиця 3.10

Кількість сильних та надзвичайних снігопадів
у окремі роки та десятиріччя на території Закарпатської області

Роки	Сильні та надзвичайні снігопади		Сильні снігопади		Надзвичайні снігопади	
	одиничні випадки	випадки	одиничні випадки	випадки	одиничні випадки	випадки
1	2	3	4	5	6	7
1990	7	6	6	5	1	1
1991	4	3	4	3	-	-
1992	15	8	11	7	4	2
1993	8	7	5	4	3	3
1994	13	6	10	6	3	2
1995	30	16	17	12	13	8
1996	9	7	7	5	2	2
1997	2	1	2	1	-	-
1998	17	8	13	7	4	2
1999	54	11	49	11	5	1
1990-1999	159	73	124	61	35	21
2000	17	7	13	6	4	2

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5	6	7
2001	34	9	14	8	20	5
2002	6	5	6	5	-	-
2003	10	6	10	6	-	-
2004	22	8	19	8	3	2
2005	49	8	35	7	14	5
2006	28	2	16	2	12	1
2007	21	11	17	10	4	2
2008	12	5	7	5	5	5
2009	15	5	12	5	3	1
2000-2009	214	66	149	62	65	23
2010	14	7	14	7	-	-
2011	21	5	15	5	6	2
2012	9	7	9	7	-	-
2013	27	10	22	10	5	2
2014	6	5	4	4	2	1
2015	20	7	18	7	2	2
2016	6	5	6	5	-	-
2017	54	11	44	12	10	5
2018	31	7	27	7	4	2
2019	18	8	15	8	3	1
2010-2019	206	73	174	72	32	15
Загалом	579	212	447	195	132	59
Середня річна повторюваність	18	7	15	7	4	2
σ	12	3	11	3	5	2
C_v	67%	42%	74%	40%	108%	96%
<i>Примітка:</i> окремі суми випадків сильних та надзвичайних снігопадів перевищують загальну кількість випадків, оскільки частіше всього надзвичайні снігопади фіксувалися разом з сильними, а при статистичних розрахунках приймалися як окремі випадки. «-» – надзвичайні снігопади не фіксувалися.						

Багаторічна динаміка кількості сильних та надзвичайних снігопадів представлена на рис. 3.39. Як помітно з графіків, кількість одиничних та систематизованих випадків з року в рік суттєво змінюється і може сягати 37-48 одиничних випадків, як наприклад між 1998-1999 рр. та 2016-2017 рр. Найбільше сильних та надзвичайних снігопадів було зафіксовано у 1999 та 2017 роках – по 54 одиничні випадки, а найменше – у 1991 (4 одиничні випадки) та 1997 (2 одиничні випадки) роках (рис. 3.39 А). В першому десятиріччі (1990-1999 рр.) було зафіксовано 159 одиничних випадків сильних і

надзвичайних снігопадів, а в другому (2000-2009 рр.) – 214, третьому (2010-2019 рр.) – 206. Лінійний тренд показує тенденцію до збільшення кількості сильних та надзвичайних снігопадів впродовж досліджуваного періоду, а отже збільшується їх повторюваність та частота випадання. Попередні дослідження різних вчених підтверджують тенденції кліматичних змін щодо збільшення кількості СМЯ та екстремальних погодних умов, які прослідковуються в глобальному [40, 97, 117] та регіональному [10, 112, 116, 119, 122] масштабах. Частішання одиничних випадків снігопадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III свідчить про збільшення площ їх випадання, так як в загальному, кількість випадків не змінилася (рис. 3.39 А). Середньорічна повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів за всіма пунктами спостережень склала 18 одиничних випадків, окремо сильних – 15, надзвичайних – 4.

Часова динаміка надзвичайних снігопадів не зазнала суттєвих змін (рис. 3.39 В). Натомість спостерігається досить різке збільшення сильних снігопадів (рис. 3.39 Б) як у частоті фіксації одиничних так і систематизованих випадків.

Аналіз багаторічних коливань повторюваності одиничних випадків сильних та надзвичайних снігопадів (рис. 3.39 А) показав, починаючи з 1999 року, наявність 6-річних ритмів, під час яких спостерігалися пікові значення повторюваності. Звичайно, кількісно максимуми не співпадали, але характер амплітуди був подібний.

Річний хід сильних та надзвичайних снігопадів показаний на рис. 3.40. На території Закарпатської області сильні та надзвичайні снігопади фіксуються з вересня по травень. Найбільше їх буває взимку: грудень – 121 (20,9%), січень – 95 (16,5%) та лютий – 123 (21,1%) одиничні випадки. Велика кількість снігопадів фіксувалась у березні – 100 (17,3%) одиничних випадків, що пов'язано з переважанням в цей місяць зимових циркуляційних процесів. Цікавим фактом виявилось те, що сильні снігопади спостерігались навіть у травні – 6 (1,0%) та вересні – 7 одиничних випадків (1,2%). Всього за теплий період року (квітень-жовтень) їх було 14,5% від загальної кількості одиничних

випадків. За досліджуваний період найбільш ранній сильний снігопад був зафіксований 23 вересня 2004 року на Сл Пожежевська (за 12 год. випало 20,4 мм снігу), а найбільш пізній – 27-28 травня 1991 року теж на Сл Пожежевська (за 12 год. випало 20,1 мм снігу). Найбільш ранній сильний мокрий снігопад зафіксований 4-5 вересня 1995 року на Сл Пожежевська (21,3 мм мокрого снігу за 12 год.).

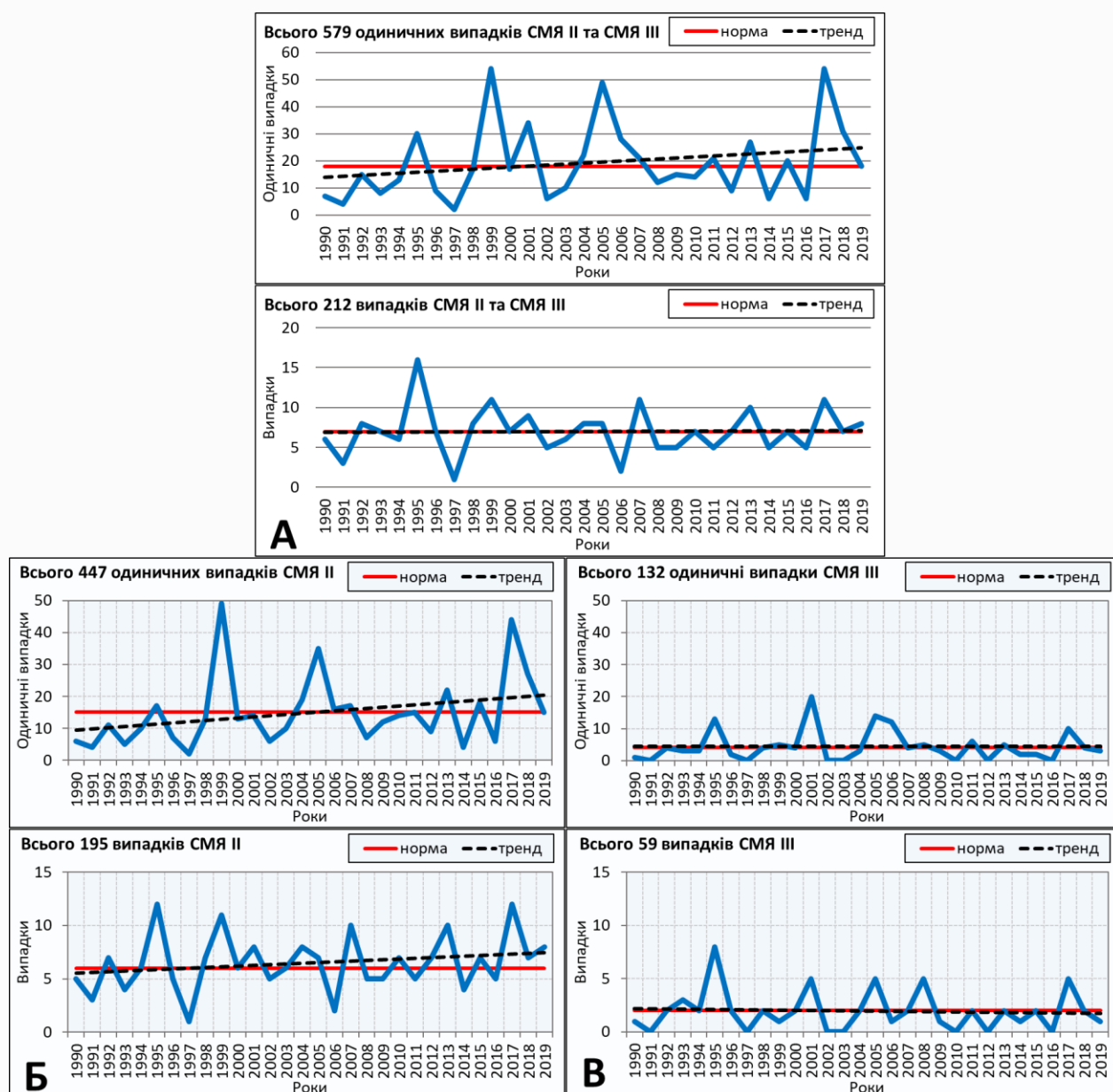


Рис. 3.39. Міжрічна повторюваність всіх сильних та надзвичайних снігопадів (А), окремо сильних (Б) та надзвичайних (В) снігопадів у Закарпатській області

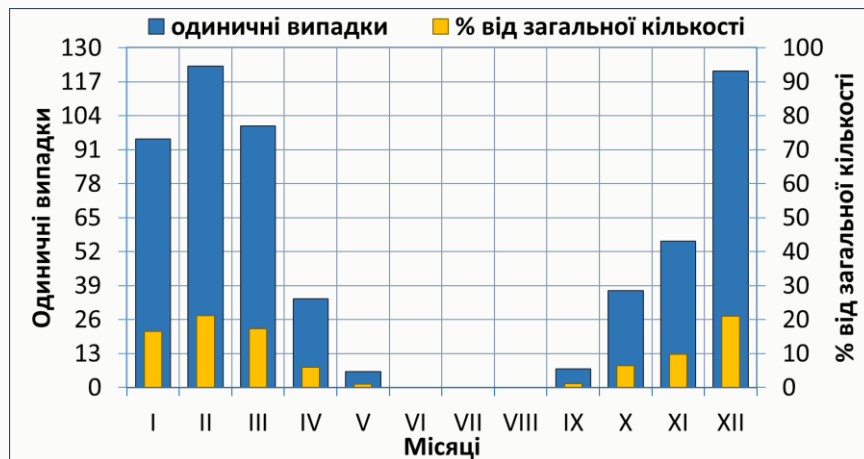


Рис. 3.40. Річний хід повторюваності сильних та надзвичайних снігопадів

Розрахована середньомісячна повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів наведена у табл. 3.11. Такий розподіл свідчить про найвищу ймовірність сильних та надзвичайних снігопадів у грудні та лютому (4 одиничні випадки), дещо нижчу в січні та березні (3 одиничні випадки), невисоку в квітні, жовтні та листопаді (від 1 до 2 одиничних випадків) і найнижчу у травні та вересні (менше 1 одиничного випадку).

Таблиця 3.11

Середньомісячна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних снігопадів і мокрих снігопадів

	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	3	4	3	1	0,2	-	-	-	0,2	1	2	4

Важливе практичне значення має кількість опадів, що випадає під час сильного або надзвичайного снігопаду чи мокрого снігопаду (табл. 3.12). Найбільша повторюваність припадає на градацію 20,0-25,0 мм / ≤ 12 год – 56,3% всіх одиничних випадків. Зі збільшенням кількості опадів під час сильних та надзвичайних снігопадів і мокрих снігопадів їх повторюваність різко падає. На сильні снігопади та мокрі снігопади (20,0-29,9 мм / ≤ 12 год) припало 76,9% (445 одиничних випадків).

Таблиця 3.12

Повторюваність кількості опадів під час сильних та надзвичайних снігопадів

Повторюваність	Кількість опадів, мм / ≤ 12 год										
	20,0-25,0	25,1-30,1	30,2-35,2	35,3-40,3	40,4-45,4	45,5-50,5	50,6-55,6	55,7-60,7	60,8-65,8	65,9-70,9	$\geq 71,0$
%	56,3	21,8	9,2	6,6	3,1	1,3	1,0	0,3	-	0,2	0,2
одиничні випадки	326	126	53	38	18	8	6	2	-	1	1

Розрахунки показали, що за всі одиничні випадки в середньому випадало 26,6 мм снігу або мокрого снігу. При цьому середньоквадратичне відхилення склало 7,7 мм, що говорить про досить широкі межі варіювання кількості опадів під час сухих і мокрих снігопадів. Коефіцієнт варіації становить 29%, що умовно свідчить про однорідність вибірки та про відносно рідкісне фіксування надзвичайних снігопадів і мокрих снігопадів під час яких може випадати ≥ 50 мм опадів за ≤ 12 год.

Тривалість випадання снігопадів також є однією з найважливіших характеристик. Від цього залежить процес снігонакопичення та формування висоти снігового покриву. При інтенсивних снігопадах у горах Закарпатської області, за добу, може відбутися приріст снігового покриву висотою > 40 см, що різко збільшує ризик сходження снігових лавин [27]. Повторюваність тривалості сильних та надзвичайних снігопадів представлена в табл. 3.13.

З усіх зафіксованих сильних та надзвичайних снігопадів 92,1% припав на діапазон часу 11-12 год. Зі зменшенням тривалості випадання опадів дуже різко падає повторюваність сухих і мокрих снігопадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III. Дуже нерівномірний розподіл тривалості сильних та надзвичайних снігопадів доводить, що на території Закарпатської області практично неможливе формування, за відносно короткий інтервал часу (1-6 год), таких СМЯ як сильні та надзвичайні снігопади. Проте швидкоплинність та дискретність цих стихійних явищ унеможлиблює абсолютно точну фіксацію їх тривалості, особливо у нічні години. Тому такий висновок, в певній мірі, є відносним.

Таблиця 3.13

Повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів різної тривалості

Тривалість											
до 1 год	1-2 год	2-3 год	3-4 год	4-5 год	5-6 год	6-7 год	7-8 год	8-9 год	9-10 год	10-11 год	11-12 год
Кількість одиничних випадків											
2	1	2	-	2	2	4	4	8	9	12	533
%											
0,3	0,2	0,3	-	0,3	0,3	0,7	0,7	1,4	1,6	2,1	92,1

Просторовий розподіл снігопадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III має прикладне значення для інженерного проектування будівель і споруд та інших потреб різних галузей національної економіки. Для цього територію Закарпатської області картографовано за різними показниками розподілу сильних та надзвичайних снігопадів. На рис. 3.41 показано загальну картину розподілу повторюваності за досліджуваний період.

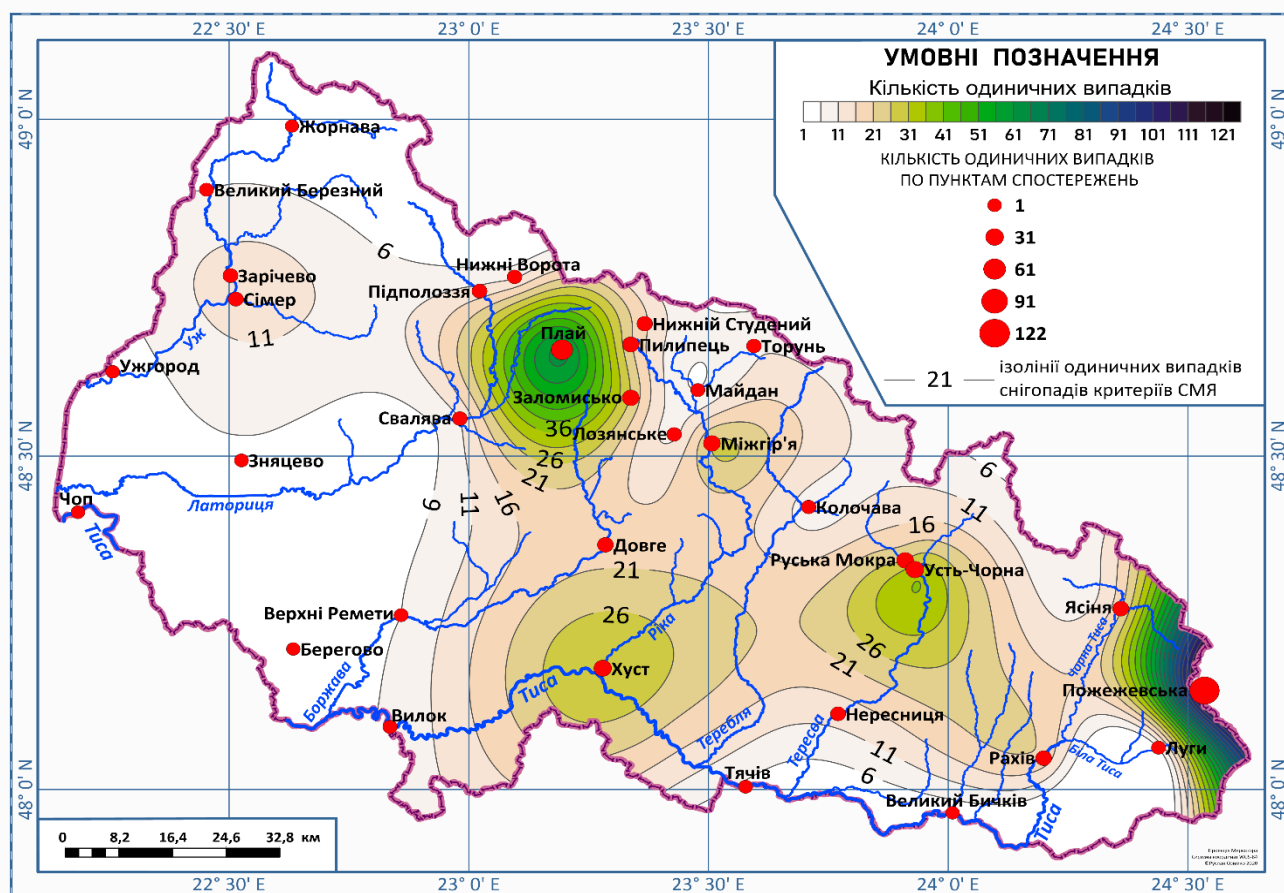


Рис. 3.41. Повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів в Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.

На рис. 3.41 чітко виділяються дві зони максимумів повторюваності: територія гірського хребта Чорногора (Сл Пожежевська – 122 одиничні випадки) та гірського хребта Полонина Боржава (Сл Плай – 62 одиничні випадки). Ще дві, менш виражені зони, значної повторюваності: верхня частина басейну р. Тересви (ГП Усть-Чорна – 34 і ГП Руська Мокра – 26 одиничних випадків) та межиріччя річок Тиси і Ріки (М Хуст – 31 одиничний випадок). Найменша повторюваність спостерігається на Закарпатській низовині, (АМСЦ Ужгород – 3, М Берегово – 2 та ГП Чоп – 4 одиничні випадки). Іншими зонами мінімумів повторюваності є верхів'я річки Уж (ГП Жорнава – 1 одиничний випадок) та гирла річок Косівської і Шопурки (ГП Великий Бичків – 2 одиничні випадки). На решті території показники повторюваності, в середньому, змінюються від 10 до 20 одиничних випадків за 30 років.

Сезонна повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів звичайно показує, що їх основна кількість випадає взимку – 339 одиничних випадків (рис. 3.42). Чітко виділяються три зони найбільшої повторюваності, основна з яких – гірський хребет Чорногора (Сл Пожежевська – 46 одиничних випадків за 30 років). Наступною зоною максимальної повторюваності є гірський масив Полонина Боржава (Сл Плай – 25 одиничних випадків). Третя зона приурочена до західної частини Верхньотисенської улоговини (М Хуст – 24 одиничні випадки). Загалом, взимку, зона найбільшої повторюваності снігопадів критеріїв СМЯ простягається від верхніх частин басейнів річок Боржави та Латориці на південь до нижньої течії р. Ріки, а далі на схід до верхів'я р. Тересви та високогір'я Чорногори.

Навесні та восени площі поширення сильних та надзвичайних снігопадів різко скорочуються. При цьому зберігаються дві основні зони максимальної повторюваності: гірський хребет Чорногора (37-39 одиничних випадків) та Полонина Боржава (18-19 одиничних випадків за тридцятиріччя). Навесні площі поширення стихійних снігопадів трохи більші ніж восени. Протягом перехідних пір року в басейні р. Уж повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів дуже низька і коливається від 0 до 2 одиничних випадків за 30 років.

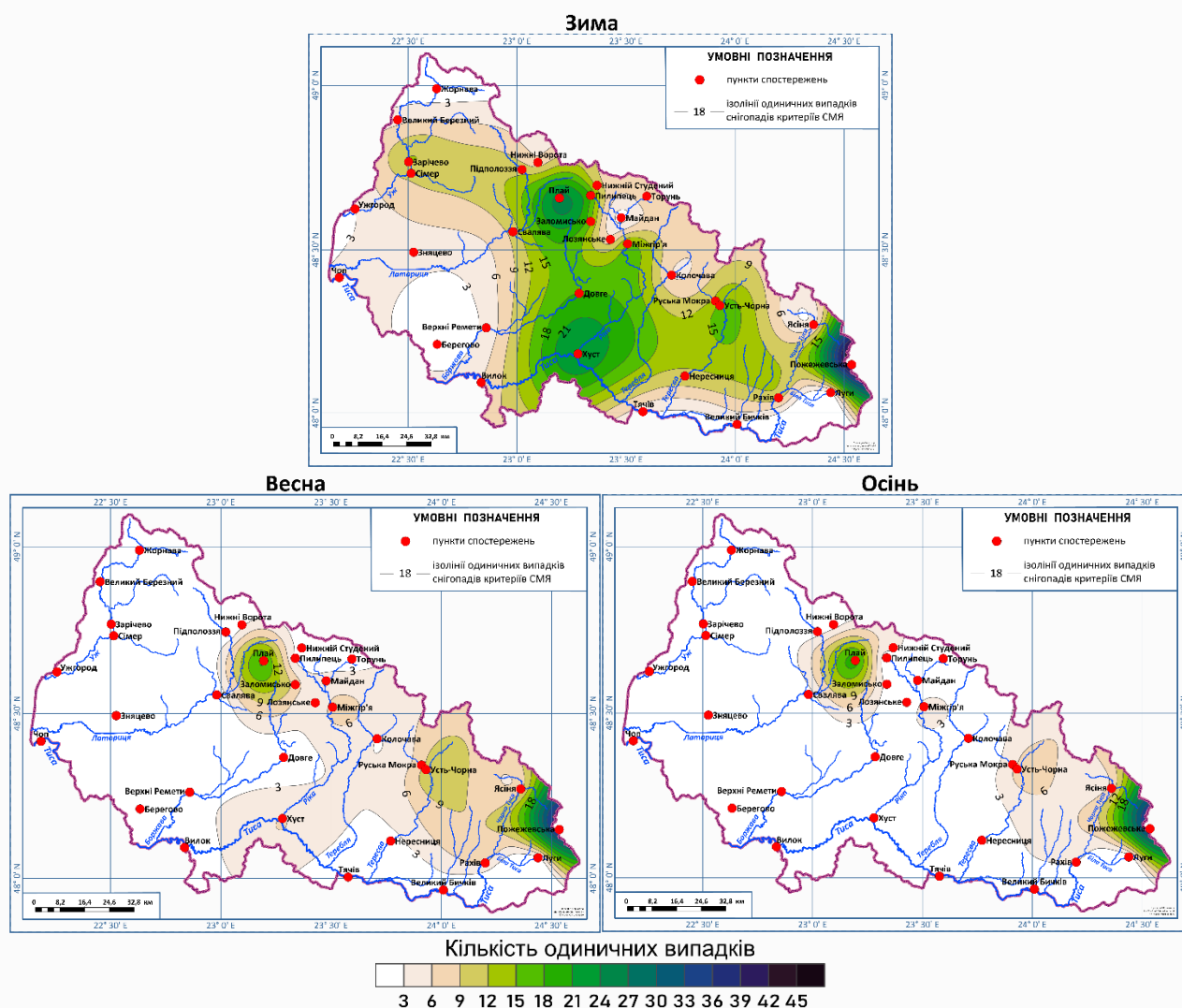


Рис. 3.42. Сезонна повторюваність сильних та надзвичайних снігопадів у Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.

Результати картографування кількісних показників, тобто середніх та максимальних значень кількості опадів під час сильних та надзвичайних снігопадів, зафіксованих по кожному пункту спостережень представлені на рис. 3.43.

З рис. 3.43 Б добре помітно, що під час одного сильного чи надзвичайного снігопаду може випасти вдвічі більше опадів ніж зазвичай випадає в середньому. На рис. 3.43 А виділяються такі зони максимумів середніх значень опадів: верхні частини басейнів річок Тересви, Тереблї та Ріки (ГП Руська Мокра – 30,8 мм та МП Лозянське – 30,1 мм, МП Пилипець – 30,8 мм і МП Торунь – 32,0 мм). Можна зробити висновок, що в цих зонах часто

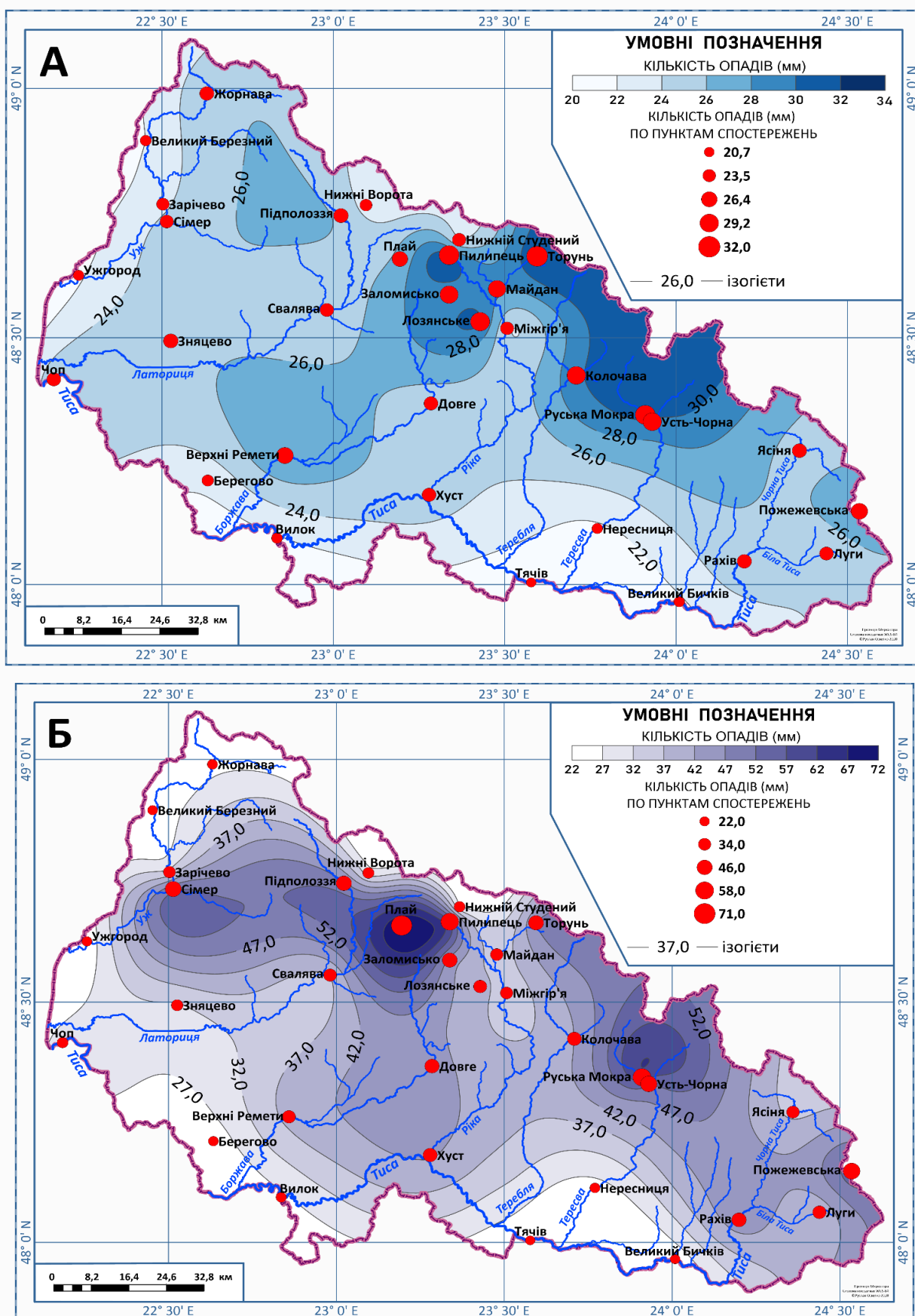


Рис. 3.43. Середня (А) та максимальна (Б) кількість опадів під час сильних та надзвичайних снігопадів в Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.

випадають надзвичайні снігопади (≥ 30 мм / ≤ 12 год), які класифікують як СМЯ ІІІ. Зони найменшого ризику випадання надзвичайних снігопадів – правобережна частина басейну річки Уж, а також Верхньотисенська котловина та південь Закарпатської низовини. Тут, в середньому, під час стихійних снігопадів випадає 22,0-24,0 мм опадів.

Трохи інший розподіл максимальної кількості опадів під час снігопадів (рис. 3.43 Б). Чітко виділяються дві зони максимумів опадів: гірський хребет Полонина Боржава та верхів'я річки Тересви. За досліджуваний період рекордна кількість опадів під час надзвичайного снігопаду була зафіксована на Сл Плай (високогір'я Полонини Боржави) вночі з 18 на 19 січня 2007 року – 71,3 мм за 7 год 10 хв. Ще однією зоною максимуму кількості опадів під час снігопадів є хребет Чорногора на сході Закарпатської області (Сл Пожежевська – 4-5 березня 2001 року 54,3 мм за 12 год). Територіями, де жодного разу не фіксувалися надзвичайні снігопади є верхня права частина басейну річки Уж, крайня західна та південна частина Закарпатської низовини, а також більша частина Верхньотисенської котловини. Максимальна кількість опадів, яка спостерігалася під час сильних снігопадів на цих територіях, становила 22,0-29,0 мм.

Сильні та надзвичайні снігопади є головними причинами формування суттєвого приросту снігового покриву. У поєднанні з орографічними особливостями території це сприяє сходженню снігових лавин. Зважаючи на ці чинники територія Закарпатської області відноситься до зон з високим рівнем сніголавинної небезпеки (рис. 3.44).

Характерною особливістю клімату Східних Карпат є досить часті зимові відлиги, що супроводжуються випадінням рідких опадів у вигляді дощу. Сходження лавин відбувається після сильних хуртовин (лавини хуртовинного снігу) в січні-лютому в результаті обвалу снігових карнизів та після сильних снігопадів (лавини свіжого снігу). Найбільша лавинна небезпека спостерігається в період з березня до початку квітня (лавини мокрого снігу) [27].

За наявності старого снігу для сходження лавин, іноді, потрібен зовсім незначний приріст свіжого снігу. Приріст висоти снігу понад 50 см викликає сходження лавин значного об'єму.

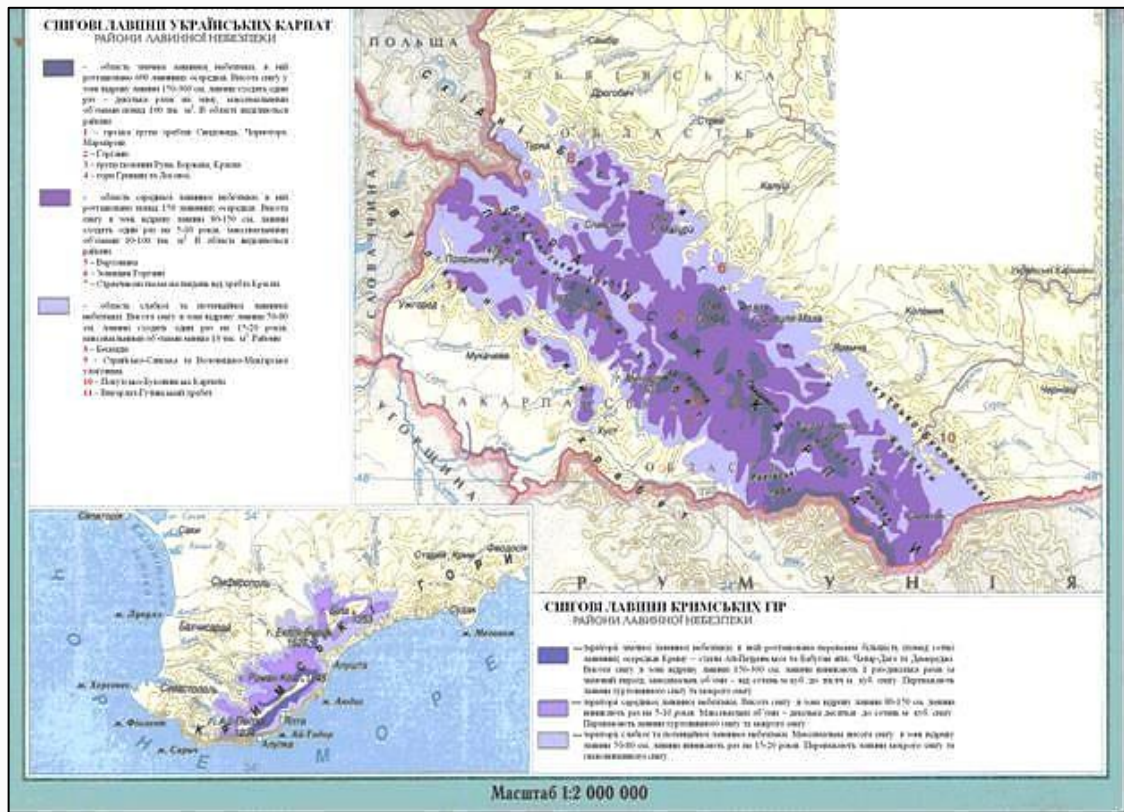


Рис. 3.44. Карта лавинної небезпеки Українських Карпат та Кримських гір [27]

Співставляючи рис. 3.44, 3.43 та 3.41 одразу помітно, що зони найбільшої повторюваності одиничних випадків та максимальної кількості опадів під час снігопадів співпадають з районами лавинної небезпеки. Зважаючи на тенденцію щодо збільшення повторюваності сильних та надзвичайних снігопадів, можна з впевненістю сказати, що зростатиме і ризик сходження снігових лавин на території Закарпатської області.

Висновки до розділу 3

1. Сильні та надзвичайні опади на території Закарпатської області спостерігаються щорічно з тенденцією до збільшення їх кількості, переважно за

рахунок дощів. Більш за все збільшувалася кількість сильних дощів на метеостанціях та надзвичайних снігопадів на гідрологічних постах. Залучення даних гідрологічних постів допомогло визначити локалізацію значної частки сильних опадів.

2. На низовинній частині території Закарпатської області спостерігається збільшення кількості опадів під час стихійних метеорологічних явищ, а в гірській – невелике зменшення, подекуди навіть без змін. Також, досить рідко, надзвичайні опади ≥ 50 мм за ≤ 12 год 2-5 разів за 30 років фіксуються і на низовинній території.

3. Максимальна повторюваність сильних та надзвичайних опадів на досліджуваній території спостерігалася в центральній частині Українських Карпат в межах гірських хребтів Полонини Боржави, Чорногори та Свидовця. Зі збільшенням висоти місцевості, у певній мірі, збільшується і повторюваність стихійних опадів на території Закарпатської області. Розрахований коефіцієнт кореляції взаємозв'язку становить 0,78, що свідчить про досить тісний прямий зв'язок.

4. Чітко виділені три зони максимумів стихійних снігопадів: гірський хребет Полонина Боржава, верхів'я річки Тересви та гірський хребет Чорногора. Жодного разу не фіксувались надзвичайні снігопади у верхній правій частині басейну річки Уж, південно-західній частині Закарпатської низовини та східній половині Верхньотисенської котловини.

5. Території поширення селів, зсувів та снігових лавин співпадають із зонами найбільшої інтенсивності та повторюваності сильних і надзвичайних опадів, що сприяє розвитку несприятливих природних процесів у Закарпатській області.

РОЗДІЛ 4

ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ СИЛЬНИХ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ ОПАДІВ У ЗАКАРПАТТІ

4.1 Типи циркуляції, які сприяли небезпечному посиленню опадів над Закарпаттям

Оскільки виникнення сильних опадів над Україною пов'язане з великомасштабними синоптичними процесами в помірних широтах Атлантико-Європейського регіону і з макроциркуляцією Північної півкулі, то слід виявити які типи атмосферної циркуляції створюють ці небезпечні погодні умови. Розуміння такого зв'язку буде корисним у вдосконаленні прогнозування сильних та надзвичайних опадів, оскільки характер циркуляції атмосфери над певною територією є одним з клімато- і погодоутворюючих чинників.

Існує багато класифікацій великомасштабної циркуляції атмосфери Північної півкулі [46, 120], серед яких найбільш відома синоптична класифікація великомасштабних атмосферних процесів Б. Л. Дзердзеєвського [28, 53] і якій у 2021 р. буде 75 років. Всі ці класифікації схематизують циркуляцію атмосфери, відкидаючи дрібні деталі баричного поля, що спрощує опис синоптичних процесів. Частина типів і груп типів із синоптичної класифікації Дзердзеєвського спостерігається досить синхронно з типами із класифікації, побудованої за формальними алгоритмами розбиття на кластери спостережуваних баричних полів.

В класифікації Дзердзеєвського тип великомасштабної атмосферної циркуляції для позатропічних широт Північної півкулі визначається положенням і характером основних синоптичних процесів у нижній тропосфері – переміщенням південних циклонів і траєкторій антициклонів, пов'язаних з арктичними вторгненнями. Ці процеси відображують відносно стійке у часі

географічне положення висотних баричних улоговин і гребенів. Так звані елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ) розрізняються по числу та географічному положенню улоговин і гребенів у полі тиску середньої тропосфери і положенню траєкторій приземних баричних утворень. Число ЕЦМ, введених Дзердзеєвським, дорівнює 13. Незначні зміщення улоговин і гребенів у просторі і по сезонах доводить варіанти циркуляційних схем до 41. Цей набір дозволяє будь-який фактичний стан атмосфери віднести до конкретного типу циркуляції, так що зміни циркуляції в часі зводяться до зміни типів (протягом доби існує лише один тип).

Типи циркуляції утворюють 15 груп, що розрізняються на рівні АТ-500 по кількості та напрямку відхилень переважаючого повітряного потоку від чисто зонального. Групи не приурочені до сезонів року.

Типізація циркуляційних процесів Б. Л. Дзердзеєвського, може бути корисною в цілях середньострокового і довгострокового прогнозування погоди, та, визначаючи характер циркуляції атмосфери над Північною півкулею, вона характеризує переміщення баричних утворень над окремими регіонами. Отже, можна припустити зв'язок типів ЕЦМ з умовами придатними або не придатними для формування сильних та надзвичайних опадів. З цією метою використано календар елементарних циркуляційних механізмів Б. Л. Дзердзеєвського [44].

Перед виявленням особливостей циркуляційних умов, які сприяли утворенню сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області, виявимо тенденції зміни ЕЦМ через календар тривалості, де вказана кількість днів збереження окремих підтипів ЕЦМ. На базі цієї інформації розрахована повторюваність типів ЕЦМ впродовж кожного року (рис. 4.1), яка свідчить про домінування ЕЦМ 13 та 12. Впродовж 30-річчя відбувалися зміни переважання ЕЦМ 13 (1990-2005 рр. та 2016-2018 рр.) на ЕЦМ 12 (2006-2013, 2015 і 2019 рр.), та одного разу більшість циркуляційних процесів відповідала ЕЦМ 11. Вказані ЕЦМ відносяться до груп меридіональної циркуляції – ЕЦМ 13 – південна, ЕЦМ 11 та 12 – північні [53]. Представники зональної групи (ЕЦМ 1

та 2) зберігалися нечасто – від 4 % у 1990-1999 рр. (рис. 4.2) до 2,2 і 1,3 % у наступні 10-річчя, що підтверджує висновки про зменшення зональності циркуляції [12, 67]. Повторюваність підтипів ЕЦМ 12 та 13 демонструє, що найчастіше утворювався ЕЦМ 12а, та саме збільшення його частки з 2008 по 2013 рр. надало перевагу цьому ЕЦМ. Підтипи ЕЦМ 13з та 13л (тобто літний та зимовий) змінюються майже синхронно.

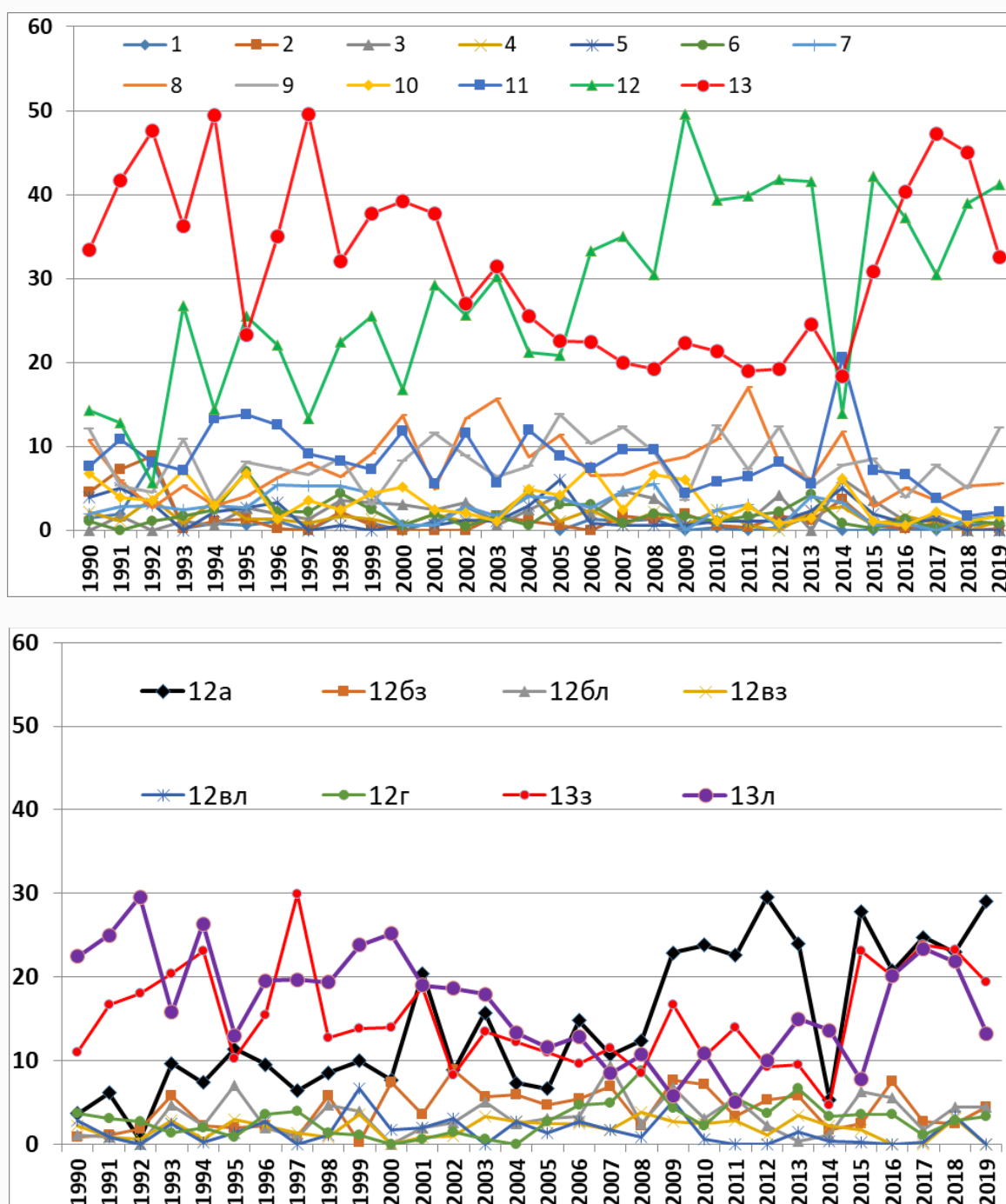


Рис. 4.1. Повторюваність над Атлантико-Європейським сектором типів ЕЦМ та підтипів ЕЦМ 12 та 13 з 1990 по 2019 рр.



Рис. 4.2. Розподіл типів ЕЦМ над Атлантико-Європейським сектором по рокам та десятиріччям з 1990 по 2019 рр.

На території Закарпатської області максимальна кількість сильних опадів спостерігалася (рис. 3.1) у 1998, 2001, 2008 та 2017 рр., коли переважно циркуляція над регіоном визначалася ЕЦМ 13, за виключенням 2008 р., коли частіше зберігалася ЕЦМ 12.

На рис. 4.3 (ДОДАТОК Ж) представлена повторюваність підтипів ЕЦМ, які зберігалися у добу фіксації сильних опадів. В цілому сильні опади (СМЯ II та III) утворювалися при ЕЦМ 12а та 13л – 21 та 17 %, тобто за наявності активної циклонічної діяльності над Арктикою (рис. 4.4), яка визначається розвитком

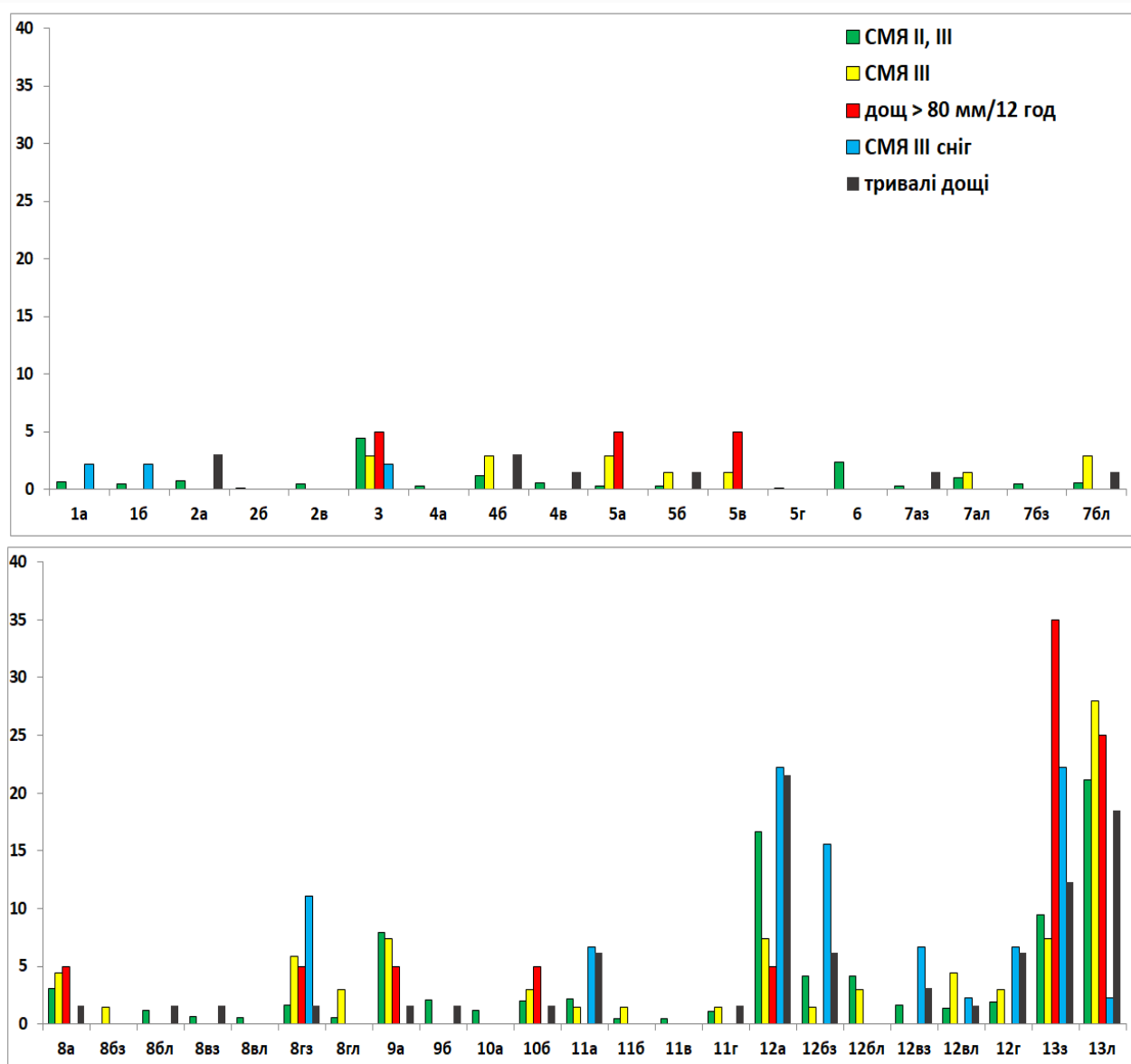


Рис. 4.3. Типи ЕЦМ при сильних опадах різного класу небезпеки у Закарпатської області з 1990 по 2019 рр.

циклонічної діяльності на арктичному фронті і, особливо, регенерацією на ньому оклюдованих циклонів, що перемістились з півдня. Потужний стаціонарний антициклон займає весь Євразійський материк, а його гребінь витягнутий аж до Піренейського півострова.

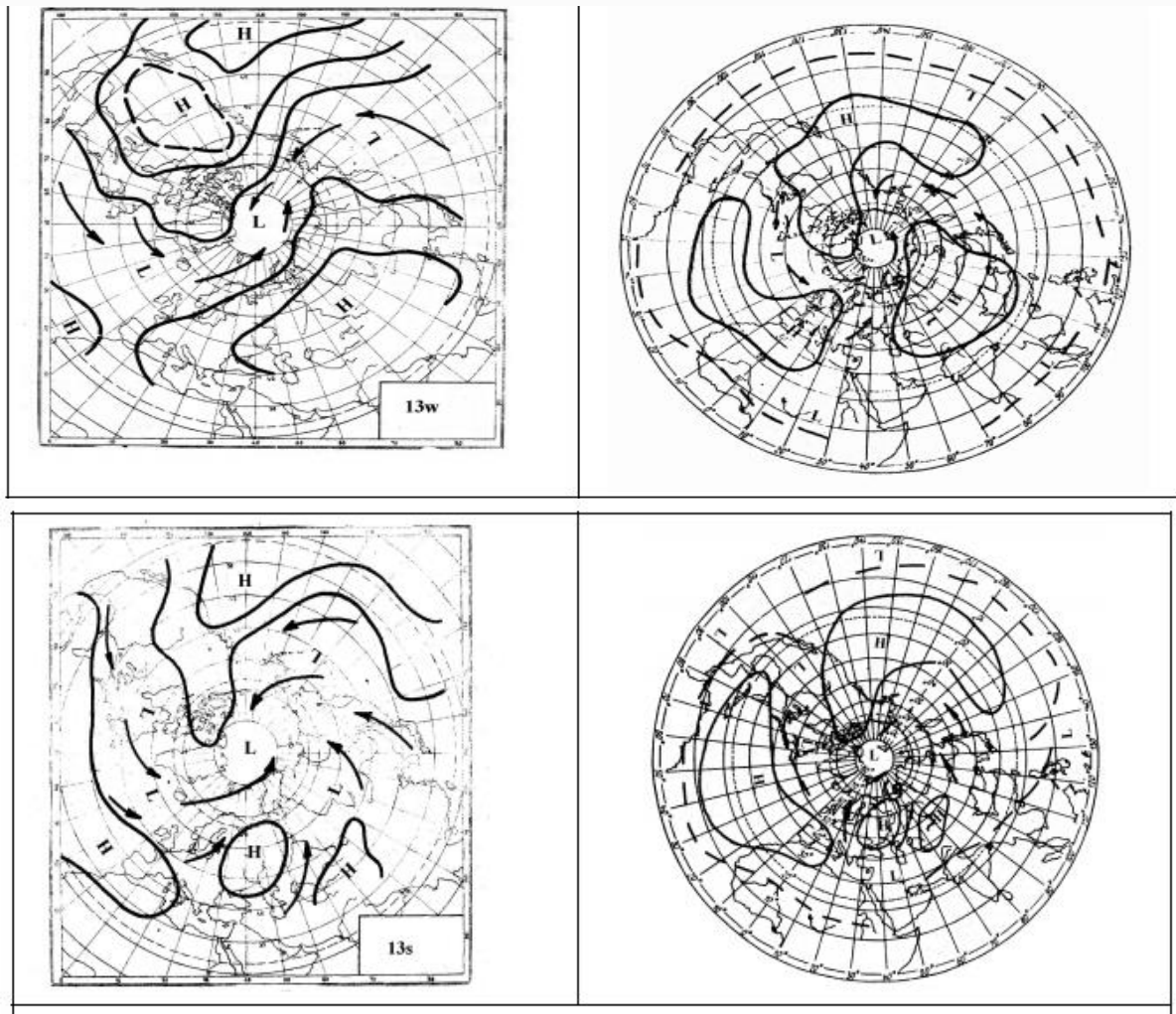


Рис. 4.4. Елементарні циркуляційні механізми 13з (w) і 13л (s) [44]

Тип 12 формується при добре розвиненому Арктичному антициклоні (рис. 4.5). Циклонічні полярно-фронтові серії розміщені над Атлантикою, Європою і рух циклонів відбувається по траєкторіях, які мають велику північну складову. Арктичні вторгнення відбуваються в тилівій частині циклонічних серій. Звичайно спостерігаються чотири блокуючі процеси і чотири виходи південних циклонів.

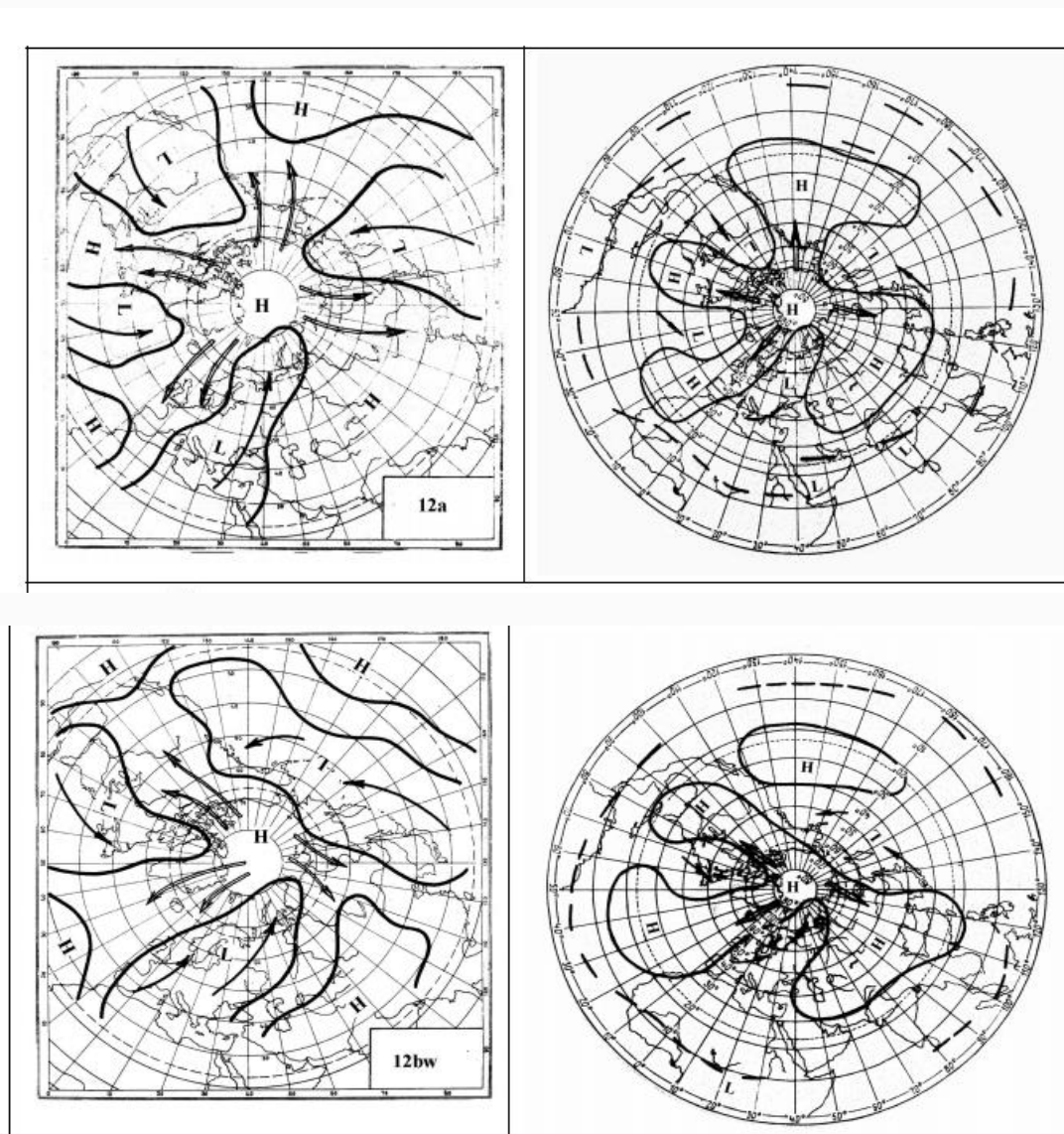


Рис. 4.5. Елементарні циркуляційні механізми 12 а та 12бз (bw) [44]

ЕЦМ 12а найчастіше утворюється у період переходу холодного півріччя до теплого, коли Арктичний антициклон досягає максимальної потужності, а у південних широтах підстильна поверхня ще досить тепла. Особливістю ЕЦМ 12бз (рис. 4.5) є формування меридіональної смуги підвищеного тиску над Атлантикою за рахунок розвитку у північному напрямку гребеню Азорського антициклону та його посилення арктичним вторгненням.

Надзвичайні опади (СМЯ ІІІ) у Закарпатській області (рис. 4.3) переважно утворювалися при ЕЦМ 13л (27 %), також по 7% виникали при ЕЦМ 12а та 13з. Жодного разу СМЯ ІІІ не спостерігалися при ЕЦМ 1 та 2, тобто при виключно

зональних процесах. Якщо розглянути окремо дощі з сумою опадів більше 80 мм/12 год, то 35 та 25% таких явищ виникало при збереженні ЕЦМ 13л та ЕЦМ 13з [38], тобто 60% всіх надзвичайних дощів було при ЕЦМ 13.

Стихійні снігопади у регіоні дослідження також утворювалися при меридіональних ЕЦМ 12а та 13з – по 22%, але особливістю цих діб було низька частка ЕЦМ 13л (2,2%), та відносно значна частка ЕЦМ 12бз (15,6%), арктичних вторгнень. Також особливістю стихійних снігопадів було наявність зональних процесів (ЕЦМ 1а та 1б – 4,4%).

Тривалі дощі переважно (21,5%) відбувалися при впливі на погодні процеси ЕЦМ 12а, а також ЕЦМ 13з та ЕЦМ 13л – 12,3 та 18,5%, відповідно.

В утворення стихійних снігопадів та тривалих дощів виявлений помітний внесок ЕЦМ 11а, коли смуга підвищеного тиску у Сибіру формувалася через розвиток на півночі гребеню Сибірського антициклону з посиленням притоку холодного арктичного повітря.

Враховуючи складність рельєфу Закарпатської області проаналізована повторюваність типів ЕЦМ над станціями, які характеризувалися різними фізико-географічними умовами. Так, були обрані Сл Плай та Сл Пожежевська, які розташовані на висотах 1330 та 1439 м н.р.м., відповідно. Також обрана станція Руська Мокра (552 м н.р.м.), на яку приходить максимум повторюваності сильних та надзвичайних опадів. Також залучені до аналізу АМСЦ Ужгород (115 м н.р.м.), як найзахідніший пункт, ГП Вилочок (118 м н.р.м.) та М Рахів (438 м н.р.м.) – південний захід та схід, а також ГП Жорнава (331 м н.р.м.) – північ області Закарпатської області.

Виявилося, що на всіх вище вказаних пунктах надзвичайні опади утворювалися під впливом ЕЦМ меридіональної групи, а максимум повторюваності припадав на ЕЦМ 12а, ЕЦМ 13з або ЕЦМ 13л. Так, найвищі пункти області, а саме Сл Плай та Сл Пожежевська характеризувалися найчастішим утворенням надзвичайних опадів при ЕЦМ 12а – 21,2 та 19,7%, але на Сл Плай, яка розташована майже у центрі області практично такою ж була частка ЕЦМ 13л (літні процеси) – 20%.

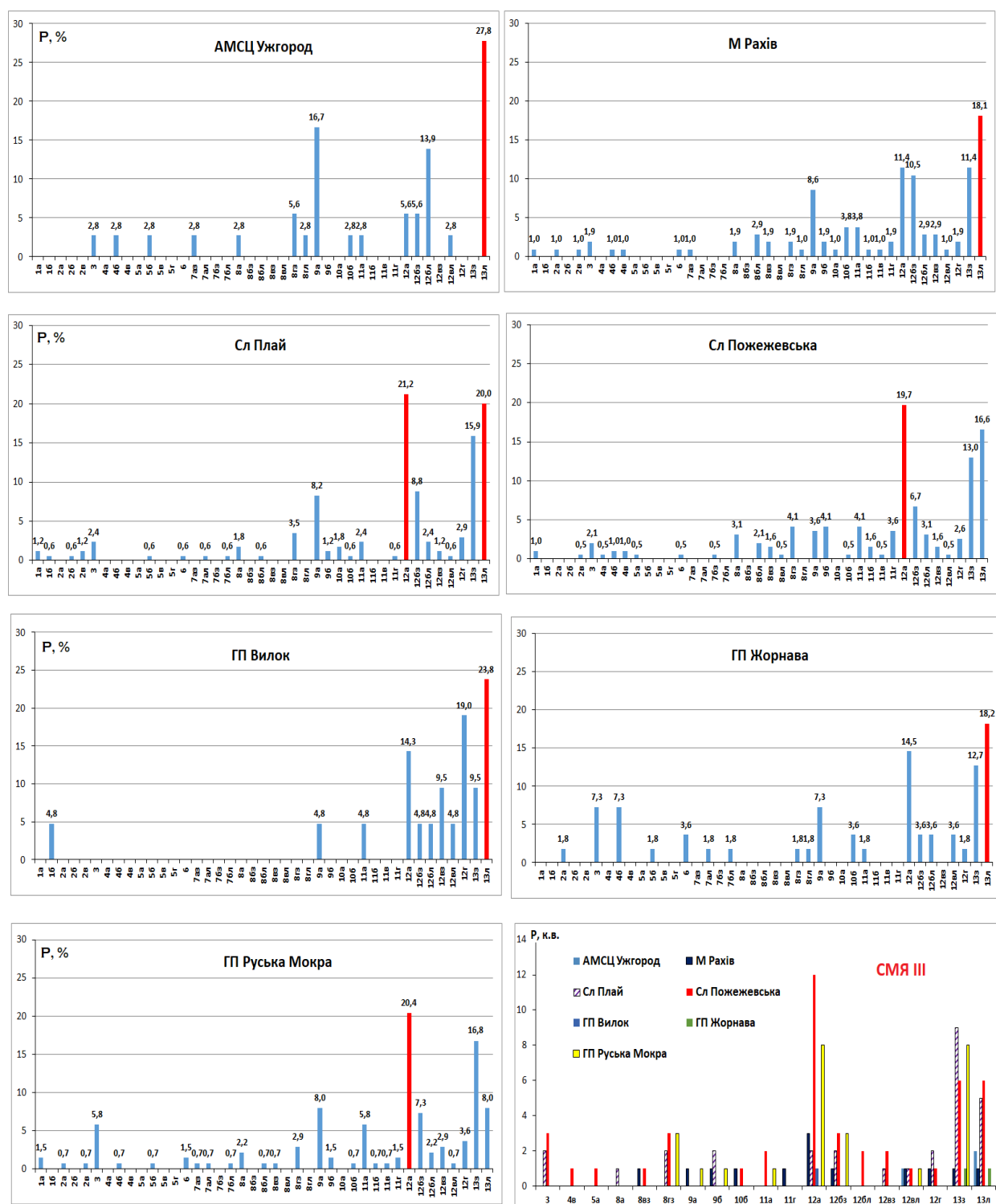


Рис. 4.6. Повторюваність підтипів ЕЦМ при опадах СМЯ ІІ та СМЯ ІІІ над станціями Закарпатської області у 1990-2019 рр.

В цілому на Сл Плай та Сл Пожежевська подібний характер повторюваності ЕЦМ, за винятком більш значного внеску ЕЦМ 9а на Сл Плай (8,2%) у порівнянні з іншою станцією, можливий через прориви

полярнофронтових циклонів через Європу [44], які більше впливають на центральні райони Закарпатської області ніж на її південний схід.

На ГП Руська Мокра, що розташований у долині р. Тересви приблизно посередині між Сл Плай та Сл Пожежевська, також максимум повторюваності припадав на час збереження ЕЦМ 12а (20,4%), менш значні піки також відповідали ЕЦМ 13з та ЕЦМ 9а (16,8 і 8,0%). Але на ЕЦМ 13л припало лише 8,0%, тобто вдвічі менше ніж на інших гірських пунктах, можливо внаслідок значно (на 780-890 м) меншої висоти на рівнем моря менше посилюється вимушена конвекція у тепле півріччя.

На заході області, а саме на АМСЦ Ужгород практично третина (27,9%) надзвичайних опадів утворювалася під впливом синоптичних процесів, що визначалися ЕЦМ 13л, та жодного разу не було ЕЦМ 13з, тобто сильні опади холодного півріччя спостерігалися, але не посилювалися до СМЯ ІІІ, можливо через віддаленість від гірських хребтів. Менші максимуми повторюваності пов'язані з ЕЦМ 9а та ЕЦМ 12бл – 16,7 та 13,9%.

Південний схід та південний захід області, а саме ГП Вилок та М Рахів, характеризувалися найбільшою повторюваністю СМЯ ІІ та ІІІ при збереженні ЕЦМ 13л – 23,8 та 18,1% відповідно, але на ГП Вилок, що розташовується на 320 м нижче ніж М Рахів, значно менше випадків надзвичайних опадів та дещо інші піки повторюваності – ЕЦМ 12г та ЕЦМ 12а (19,0 та 14,3%) проти ЕЦМ 12а та 13з (по 11,4%) і ЕЦМ 12бз (10,5%).

На півночі області на висоті 331 м н.р.м. розташований ГП Жорнава, де найчастіше СМЯ ІІ та ІІІ виникали при ЕЦМ 13л (18,2%), а також при ЕЦМ 12а та ЕЦМ 13з – 14,5 і 12,7%, відповідно.

Як видно з табл. 4.1, надзвичайні опади переважно спостерігалися на гірських станціях (Сл Плай та Сл Пожежевська), на південних пунктах (саме ГП Вилок та М Рахів) вони утворювалися лише 1 та 2 рази. В середньому при збереженні переважаючих ЕЦМ 13з та ЕЦМ 13л кількість опадів становила 73 та 67 мм/12 год., а при не менш активному ЕЦМ 12а – 60 мм.

Таблиця 4.1

Типи ЕЦМ при надзвичайних опадах (СМЯ ІІІ) та максимальне значення опадів за 12 год у Закарпатській області з 1990 по 2019 рр.

Тип ЕЦМ	Пункти спостережень													
	АМСЦ Ужгород		М Рахів		Сл Плай		Сл Пожежевська		ГП Вилок		ГП Жорнава		ГП Руська Мокра	
3					2	74	3	69						
4в							1	56						
5а							1	39						
8а					1	100								
8вз			1	94			1	33						
8гз					2	58	3	52					3	87
9а			1	50									1	50
9б			1	33	2	80							1	60
10б			1	57			1	83						
11а							2	42					1	53
11г			1	44										
12а			3	55	2	53	12	58	1	78			8	58
12бз			1	64	2	58	3	52					3	71
12бл							2	55						
12вз					1	30	2	42						
12вл	1	61	1	51	1	34	1	54					1	57
12г			1	33	2	54	1	38						
13з			1	54	9	93	6	40			1	92	6	87
13л	2	60	1	77	5	74	6	69			1	55		
Сума	3		13		29		45		1		2		26	

Найбільша кількість опадів (100 мм/12 год) утворювалася при ЕЦМ 8а на Сл Плай 12 серпня 2014 року.

4.2 Характеристика синоптичних процесів утворення надзвичайних опадів

Утворення і випадання опадів – наслідок складних макроциркуляційних процесів, що визначають тепло- і вологообмін в атмосфері. Для Західної України такими процесами є перенесення на значну відстань тепла і вологи з

Атлантики і Середземного моря, а також розвитку під впливом циклонічної діяльності великомасштабних вертикальних рухів, що призводять до підняття вологи у тропосфері. Перенесення повітряних мас тісно пов'язане з циклонічною діяльністю, а основна кількість опадів випадає з фронтальних хмар. Взимку їх випадання найчастіше пов'язане з Середземноморськими циклонами, що переміщуються з Чорного моря у північному та північно-східному напрямках. Вплив Середземноморських циклонів відмічається майже на всій території України. Більшість Атлантичних циклонів переміщуються північніше і рухаються за зональними траєкторіями із заходу на схід.

Географічне положення та рельєф Закарпатської області створює особливі умови для формування опадів [49, 74, 101 та ін.]. Переміщення баричних утворень, як відомо, залежить від орієнтації ВФЗ, або, використовуючи класифікацію атмосферних процесів, від типу циркуляції. Над Східною Європою в більшості випадків за рік спостерігається зональна західно-східна циркуляція [67], та перенесення вологих повітряних мас відбувається через пересування циклонів.

Наступним етапом роботи стало дослідження синоптичних процесів в період формування надзвичайних опадів (СМЯ ІІІ) в Закарпатті протягом 30-річного періоду дослідження, окремо розглядалися випадки, коли кількість опадів за 12 год перевищувала 80 мм. З метою виявлення процесів, що зумовили надзвичайні опади над Закарпатською областю визначені основні синоптичні об'єкти, які спричинили значне посилення опадів (табл. 4.2).

Перше, що помічається – значний вплив процесів широтного напрямку, а саме західного переносу, частка якого зменшувалася протягом 30 років, але домінує в утворюванні сильних опадів над областю. Найчастіше небезпечні опади в Закарпатті випадали при переміщенні циклонічних вихорів із заходу, північного заходу та півночі – 77,9%. Підвищена активність атмосферних процесів і різкі зміни погоди, як правило, найбільш характерні для зими, першої половини весни і кінця осені. Але на території Закарпаття ці процеси повторюються майже з однаковою періодичністю [12, 13, 35]. Частка південних

циклонів відносно невелика та становить в середньому за 1990-2019 рр. 14,9%, але виявлено її зростання протягом періоду дослідження.

За 30 років у Закарпатській області спостерігався лише 31 епізод з надзвичайними дощами, коли за 12 годин випадало більше 80 мм. З них майже половина була пов'язана з західними циклонами при південно-західному та західному напрямках ВФЗ (табл. 4.3). Виявилось суттєве зменшення подібних опадів у 2000-2009 рр. у порівнянні в попереднім десятиріччям – з 19 до 5 випадків, можливо внаслідок послаблення зонального переносу [120], але у 2010-2019 рр. їх кількість зросла до 9. Під час надзвичайних опадів у Закарпатті завжди над територією Східної Європи розташована улоговина на рівні 500 гПа, а двічі поблизу області виявився замкнений центр низького тиску.

Найхарактернішою ознакою всіх випадків сильних опадів при західних переносах було те, що сильні опади випадали на атмосферних фронтах, переважно на холодних фронтах з хвильовими збуреннями, при цьому центри циклонічних вихорів знаходилися за межами регіону у більш північних широтах – над територією Польщі, Скандинавським півостровом, Балтійським морем та над Великобританією, а мінімальний тиск у цих центрах становив переважно 990 гПа, коливаючись від 965 до 1005 гПа.

Як приклад типового процесу наведені синоптичні карти за 20-21 листопада 2015 року, коли в Українських Карпатах на МП Заломисько та МП Пилипець і на ГП Руська Мокра спостерігалось 89,7, 92,4 та 80,6 мм/12 год починаючи з 18⁰⁰ до 06⁰⁰ UTC.

На рис. 4.7 видно, що центр циклону з мінімальним тиском у центрі знаходився над Балтикою, а холодний фронт із хвильовим збуренням проходить через територію Закарпаття. Складність погодних умов обумовлена в цьому випадку блокуванням переміщення холодного фронту на схід гребенем потужного антициклону. На рівні середньої тропосфери висотна барична улоговина, яка меридіонально поширена до Середземномор'я блокована висотним гребенем, вісь якого проходить по Поволжю.

Таблиця 4.2

Повторюваність (% / к.в.) синоптичної ситуації в період формування
надзвичайних опадів (СМЯ ІІІ) в Закарпатській області

Період (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
30-80 мм/12 год (%)						
1990-1999	13,2	43,8	33,8	4,5	1,5	3,2
2000-2009	15,4	40,6	38,3	2,0	1,2	2,5
2010-2019	16,2	41,2	35,8	2,6	1,3	2,9
1990-2019	14,9	41,9	36,0	3,0	1,3	2,9
≥ 80 мм/12 год (к.в.)						
1990-1999	3	8	6	2		
2000-2009	1	3	1		1	
2010-2019	2	3	4			
Всього	6	14	11	2	1	-

Таблиця 4.3

Повторюваність (к.в.) напрямку висотного потоку на рівні 500 гПа,
при якому спостерігалися надзвичайні опади (≥ 80 мм/12 год)
у Закарпатті з 1990 по 2019 рр.

Період, рр.	Напрямок потоку							
	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх
1990-1999		15	2					
2000-2009	1	1	4	1				
2010-2019		3	4					
1990-2019	1	19	10	1				

Над територією Закарпаття ВФЗ приймає зональну орієнтацію, та у цих зональних потоках утворюється арктичний фронтальний розділ з хвилями, що більше доби залишається над регіоном дослідження зі значними градієнтами температури на лінії фронту на рівні 850 гПа – 3-5°C/100 км.

У теплому півріччі відмічається помітне послаблення активності атмосферних процесів, пов'язане зі зміщенням на північ ПВФЗ і ослабленням циклонічної діяльності над південними морями. Але з початком осіннього сезону, рідше наприкінці літнього, циклонічна діяльність знову активізується. Так, синоптична ситуація 12 серпня 2014 року (рис. 4.8) є цьому підтвердженням. Циклон, що сформований у теплому вологому повітрі середземноморського походження обумовлює погодні умови Чорноморського басейну. Вплив фронтальних розділів досягає і Закарпаття, де випадають сильні дощі.

Інший тип синоптичних процесів, що зумовлюють сильні та надзвичайні опади, характеризується впливом безпосередньо центру циклону на Закарпаття. Всі подібні ситуації відносяться до теплого періоду року (квітень-жовтень). Саме при такій циркуляції спостерігалось випадання 100 мм за 9 год на Сл Плай 12 серпня 2014 року.

Певну роль у збільшенні літніх опадів має місцевий циклогенез, отже 12 серпня 2014 року на східноєвропейській гілці полярного фронту виникають циклони, цей процес супроводжується випаданням опадів з континентального повітря. На хвилі холодного фронту утворився місцевий циклон окреслений однією замкненою ізобарою 1010 гПа (рис. 4.8).

Циклон біля поверхні землі охоплює незначну територію, але в зоні його впливу влітку формується потужна купчасто-дощова хмарність, особливо у післяполуденні години за рахунок розвитку термічної конвекції. Окрім того рельєф місцевості Закарпаття сприяє розвитку вимушеної конвекції, що збільшує кількість опадів у гірських та передгірних районах.

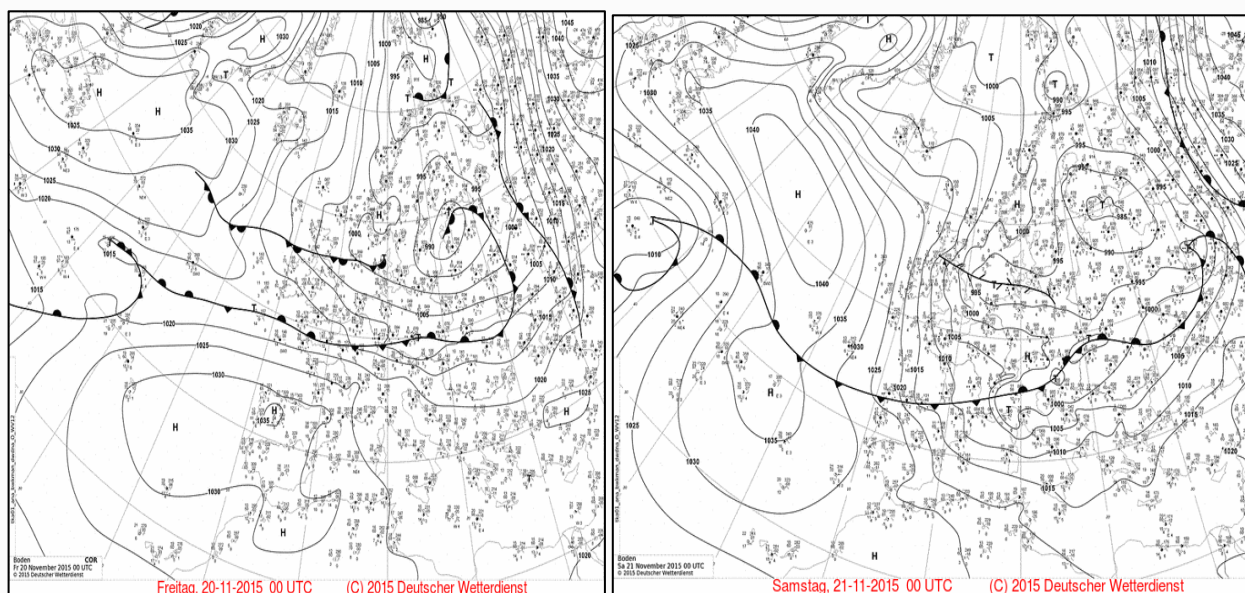
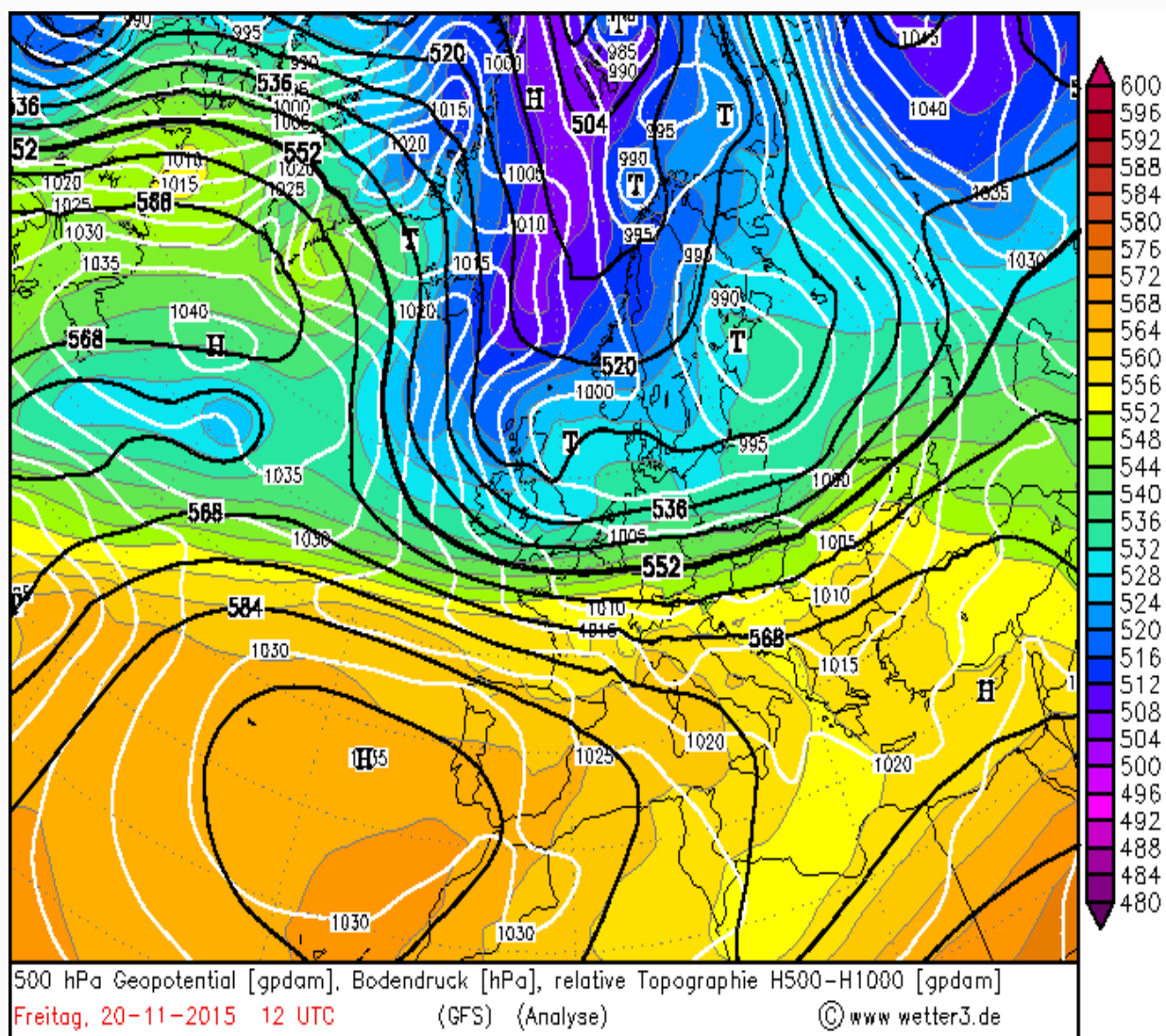


Рис. 4.7. Аналіз приземний, АТ-500 та ВТ 500/1000
 за 20-21 листопада 2015 року за 00⁰⁰ та 12⁰⁰ UTC

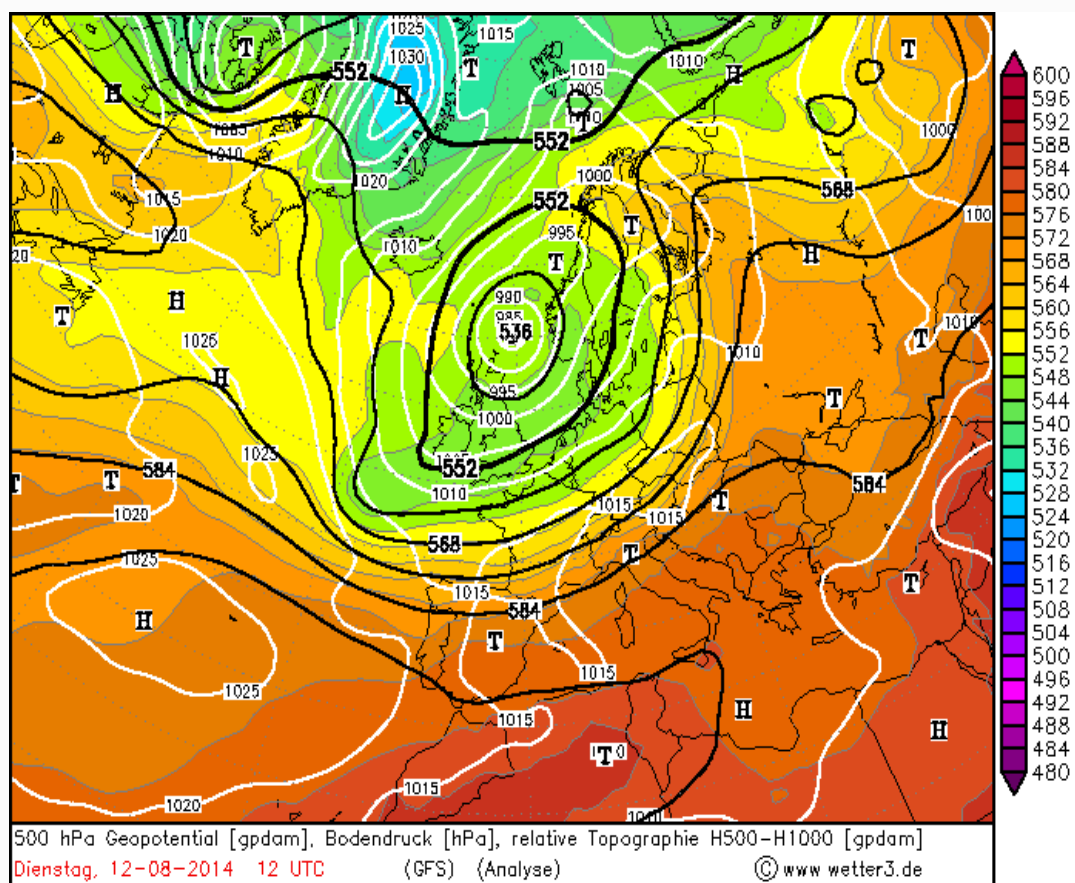
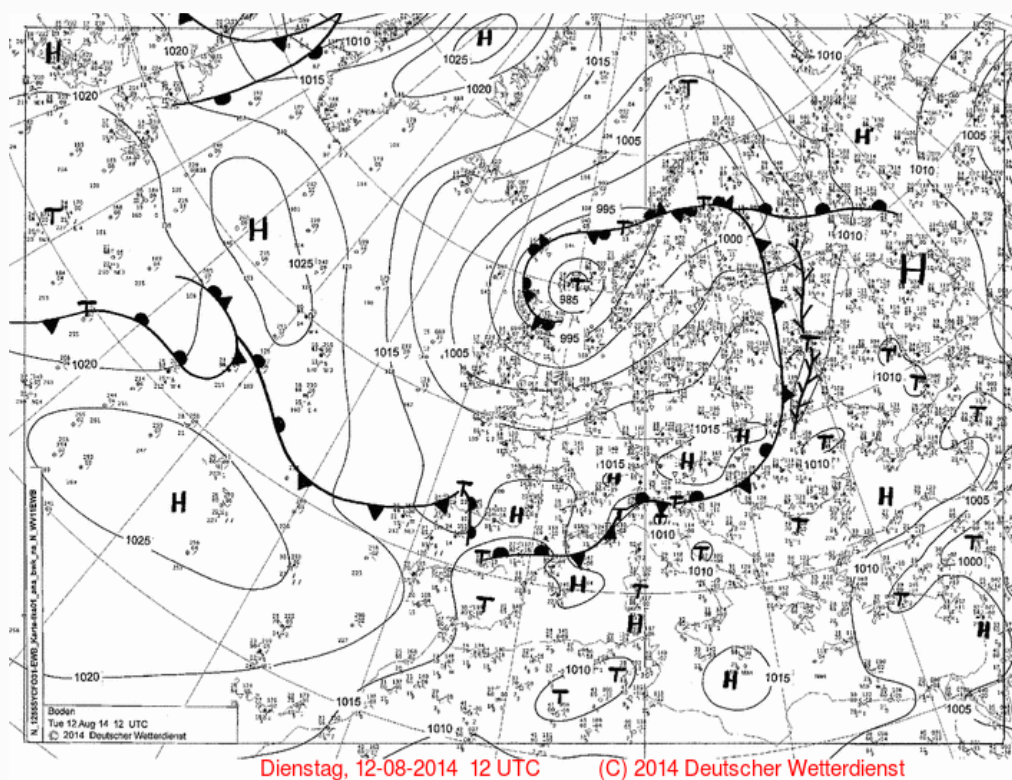


Рис. 4.8. Аналіз приземний, АТ-500 та ВТ 500/1000
за 12 серпня 2014 року за 00⁰⁰ та 12⁰⁰ UTC

Висотне баричне поле (рис. 4.8) було представлене потужним циклоном з центром над Північним морем, а територія Західної та Східної Європи знаходилася під впливом його улоговини. Місцевий циклогенез над Закарпаттям жодним чином не виявляється на цій поверхні, оскільки місцеві циклони відносяться до невисоких баричних утворень, наступний випадок такого процесу утворився 21 серпня 2014 року, але опади не досягли критеріїв СМЯ III.

4.3 Оцінка термодинамічних умов утворення та прогноз надзвичайних опадів за допомогою індексів конвекції

Сучасна практика прогнозування виникнення небезпечних явищ погоди, зумовлених розвитком конвекції, використовує значення індексів, що характеризують конвекцію за низкою параметрів [42, 118]. Кількісні значення індексів нестійкості, що розраховані на основі даних радіозондування або моделювання, дозволяють визначити потужність конвекції і, як наслідок, ймовірність розвитку небезпечного конвективного явища [43, 65].

При значному посиленні опадів у тепле півріччя (з квітня по жовтень) вагомим чинником процесу є термічна конвекція, тому для аналізу термодинамічного стану атмосфери над Закарпаттям під час виникнення надзвичайних опадів були розраховані основні індекси конвекції над станцією або постом за даними глобальної моделі GFS [121] з кроком 50 км зі стартом реалізації у найближчий стандартний термін до початку опадів на 0 або 3 години вперед у тепле півріччя 2016-2019 рр.

Одним з найбільш часто використовуваних індексів є така характеристика потужності нестійкого шару, як конвективна потенційна енергія. Її досить ефективно відображає індекс CAPE (Convective Available Potential Energy), який розраховується за формулою:

$$CAPE = g \int_{LFCT}^{EL} \frac{T-T'}{T'} dz, \quad (4.1)$$

де T – температура частки повітря, T' – температура навколишнього повітря, g – прискорення вільного падіння, $LFCT$ – рівень конденсації, EL – рівень конvekції (вирівнювання температур на верхньої межі конвективної хмари). Загальний запас енергії нестійкості в атмосфері $CAPE$ знаходиться як алгебраїчна сума енергій нестійкості окремих шарів від рівня конденсації до рівня конvekції. Більш високі значення енергії нестійкості вказують на більш інтенсивну конvekцію в хмарі, тобто на більш небезпечні явища погоди. Енергія нестійкості або індекс $CAPE$ є незмінним предиктором в прогнозі небезпечних явищ, пов'язаних з конvekцією. Високий рівень потенційної енергії атмосфери є неодмінною умовою того, що частка, яка піднімається досягне значно більших висот, ніж рівень вільної конvekції, а отже, збільшується небезпека розвитку таких явищ погоди як гроза і град. Аналіз значень цього індексу в конвективній атмосфері дозволить кількісно оцінити ступінь розвитку конvekції і ймовірність утворення сильної зливи, грози або граду.

Індекс CIN – кількість енергії, яка необхідна частці повітря для подолання в нижній тропосфері затримуючого шару. У цьому шарі переміщення повітряних часток вертикально вгору утруднене або повністю виключене. Зокрема, шари інверсії температури повітря мають найбільш стійку стратифікацію і перешкоджають розвитку висхідних рухів. Руйнуванню затримуючого шару сприяє інтенсивний денний прогрів, зволоження граничного шару атмосфери (адвекція вологого повітря або випаровування з місцевих джерел вологи) і підйом повітря синоптичного масштабу.

Індекс CIN можна обчислити за формулою:

$$CIN = g \int_0^{LFC} \frac{T-T'}{T'} dz, \quad (4.2)$$

де T – температура частки повітря, T' – температура навколишнього повітря, g – прискорення вільного падіння, LFC – рівень вільної конвекції. Значення $CIN < -200$ Дж/кг досить для припинення конвекції в атмосфері.

Індекс плавучості або підйому Li (Lifted index) є одним з основних критеріїв статичної стійкості атмосфери і визначається як різниця температур навколишнього повітря і деякого одиничного обсягу, який піднявся адіабатично від поверхні землі (або з заданого рівня) до рівня 500 гПа. Li розраховується з урахуванням залучення навколишнього повітря. Індекс Li характеризує термічну стратифікацію атмосфери по відношенню до вертикальних переміщень повітря. Якщо $Li > 0$, то атмосфера (у відповідному шарі) стійка. Якщо значення $Li < 0$, то атмосфера нестійка.

Індекси нестійкості Ki – індекс нестійкості або число Вайтинга (W). Розрахунок Ki заснований на вертикальному градієнті температури, вологості повітря в нижній тропосфері, а також враховує вертикальну протяжність вологого шару повітря. Ki характеризує ступінь конвективної нестійкості повітряної маси, яка необхідна для виникнення і розвитку гроз:

$$Ki = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - \Delta Td_{700} \quad (4.3)$$

де Ki – індекс нестійкості (число Вайтинга), T_{850} – температура повітря на ізобаричній поверхні 850 гПа, T_{500} – температура повітря на 500 гПа, Td_{850} – точка роси на 850 гПа, ΔTd_{700} – дефіцит точки роси на поверхні 700 гПа.

Індекс PW (кг/м²), що характеризує запас вологи в атмосфері:

$$PW = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^k q \Delta p, \quad (4.4)$$

де $g = 9,8$ м/с² – прискорення вільного падіння; q – масова частка водяної пари (г/кг); p – атмосферний тиск (гПа).

Індекс Storm Relative Helicity (SRH) – відносна спіральність шторму, тобто оцінка спроможності (потенціалу) циклонічного обертання висхідних потоків для розвитку грози, одиниці вимірювання – $\text{м}^2/\text{с}^2$:

$$SRH = - \int_0^h \vec{k}(\vec{v}(z) - \vec{c}) \times \frac{\partial \vec{v}(z)}{\partial z} dz, \quad (4.5)$$

де $\vec{k}$ – вертикальна компонента вектора швидкості вітру біля земної поверхні, $\text{м}/\text{с}$; $\vec{v}(z)$ – горизонтальна складова вектора швидкості вітру на висоті z , $\text{м}/\text{с}$; $\vec{c}$ – вектор ведучого потоку, $\text{м}/\text{с}$. Для прогнозування суперосередків немає чіткого межового значення SRH, тому що їх формування найчастіше пов'язане з шаром вертикального зсуву вітру. Розраховується в нижніх шарах 0-1 км ($>100 \text{ м}^2/\text{с}^2$) і 0-3 км ($>250 \text{ м}^2/\text{с}^2$). Зазначені значення свідчать про підвищену ймовірність виникнення суперосередків, хоча чіткої межі між прогнозом відсутності і наявності суперосередку немає.

Також у якості показника розвитку конвективної марності, що надає опади, залучили температуру верхньої межі хмари або температуру конвекції (Тконв), яку визначали за архівом продуктів наукастингу [114], тому що ця характеристика демонструє температуру на висоті, де порівнюється температура частинок хмари з зовнішнім повітрям, та припиняється розвиток купчастої хмари.

Виявилося, що енергія нестійкості, яка розраховувалася для частинки повітря, яка піднімалася від поверхні землі (Surface Based CAPE, SB CAPE) при надзвичайних опадах над станціями Закарпаття з 2017 по 2019 рр. становила у середньому $1200 \text{ Дж}/\text{кг}$, що вказувало на помірну нестійкість та можливість розвитку купчасто-дощової хмарності зі зливами та грозами. Двічі цей індекс досягав 2600 та $2700 \text{ Дж}/\text{кг}$, коли випало $78,3 \text{ мм}/12 \text{ год.}$ на ГП Вилочок та $50,0 \text{ мм}/12 \text{ год}$ на ГП Тячів, але п'ять разів SB CAPE приймав значення від 200 до $500 \text{ Дж}/\text{кг}$ за наявності опадів СМЯ ІІІ. Як видно з гістограми емпіричного розподілу (рис. 4.9) індекс CAPE частіше приймав значення 700 -

1200 Дж/кг, а коефіцієнт кореляції його значень з кількістю опадів за 12 год становив лише 0,21, отже суттєво не впливатиме на посилення опадів.

Наступний показник, який показує кількість енергії, що потрібна частці повітря для подолання інверсії температури у нижній тропосфері при вертикальному підйомі, в середньому приймав значення $CIN = -44$ Дж/кг, що вказує на можливість подолання затримуючих шарів, але переважно він приймав значення $-30 \dots -10$ Дж/кг, що наявно показано на рис. 4.9, а коефіцієнт кореляції з сумою опадів також низький – 0,19.

Додатні значення індексу підйому (Lifted index), які передбачають наявність інверсії температури, коли атмосфера дуже стійка та є розвинені низхідні рухи повітря, над станціями Закарпатської області не виявилися, середнє значення було $-3,25^\circ\text{C}$, а переважне значення Li складало $-5,2 \dots -2,8^\circ\text{C}$, що відповідало розвитку помірної нестійкості з сильними грозами, але на жаль кореляція з кількістю опадів невелика: $r = -0,23$.

Число Вайтинга або Ki демонструє готовність атмосфери до виникнення гроз та злив у всіх випадках, тому що жодного разу він не опускався нижче 20°C , його середнє значення було $30,5^\circ\text{C}$, а найбільш імовірні $27-36^\circ\text{C}$. Коефіцієнт кореляції значень Ki з кількістю опадів за 12 год становив 0,54, що не вказує на тісний зв'язок, але перевищує попередні результати.

Відносна завихреність шторму (SRH), тобто показник спроможності (потенціалу) циклонічного обертання висхідних потоків для розвитку грози, який розраховувався до висоти 3 км, лише одного разу знизився до $80 \text{ м}^2/\text{с}^2$, що вказує на можливість виникнення штормів з обертанням. Середнє значення склало $150 \text{ м}^2/\text{с}^2$, а більшість випадків попадало у градацію $150-250 \text{ м}^2/\text{с}^2$. Коефіцієнт кореляції з опадами досить значний – 0,59.

Наступний показник індекс PW був розрахований до рівня конвекції, тобто враховував вологовміст всієї купчастої хмари. В середньому він дорівнював $33,7 \text{ кг}/\text{м}^2$, а переважно приймав значення від 29 до $37 \text{ кг}/\text{м}^2$. На відміну від попередніх показників цей індекс краще корелює з кількістю сильних опадів – 0,76, що підтверджує правильність його розрахунку.

Кореляційний зв'язок з температурою конвекції ще більш тісний (-0,82), тому що вона вказує безпосередньо на потужність хмари – чим нижча ця температура, тим вища хмара вертикального розвитку.

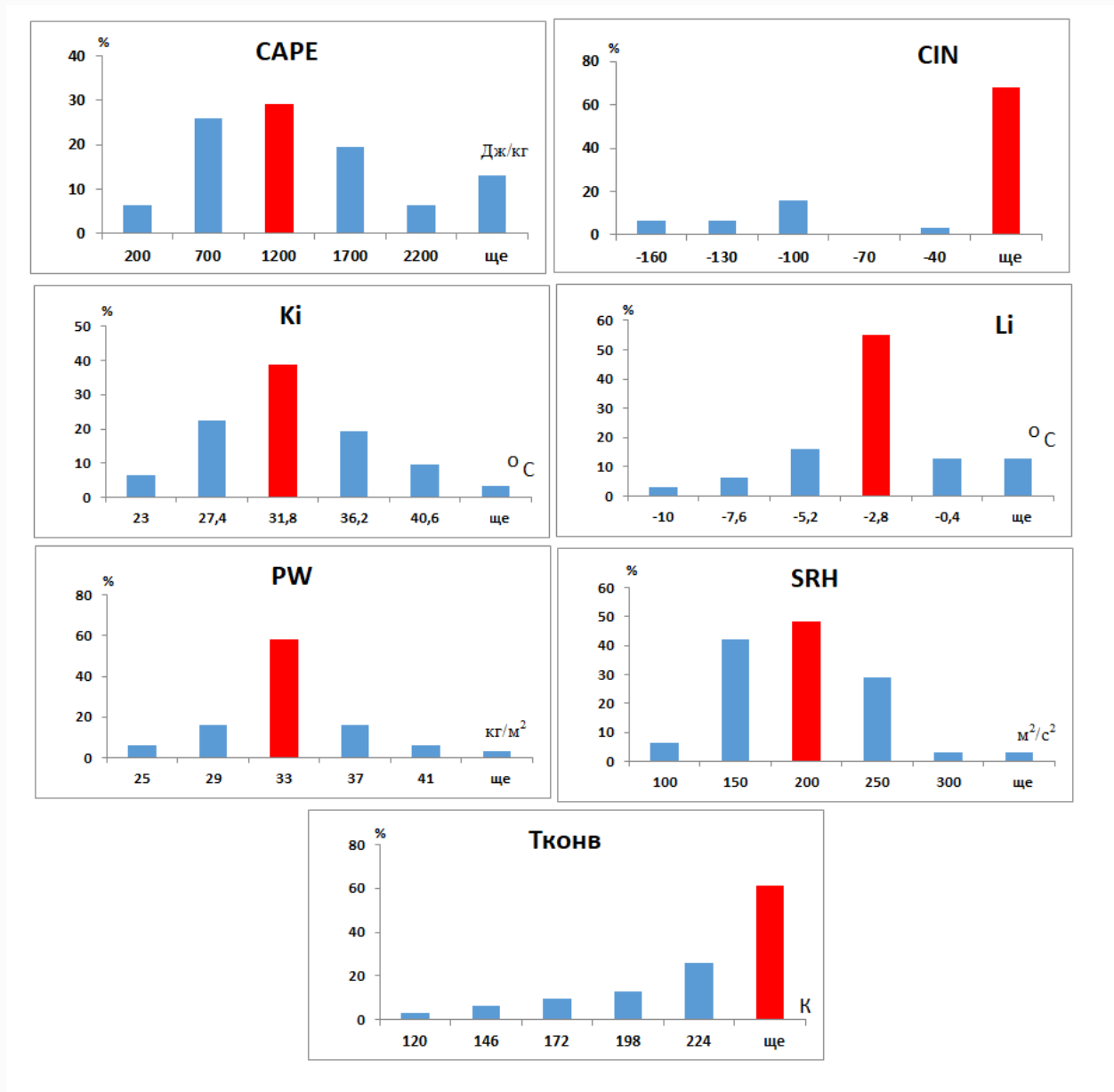


Рис. 4.9. Повторюваність значень індексів конвекції над станціями Закарпатської області під час утворення надзвичайних опадів

Таким чином, вдалося отримати стійкий кореляційний зв'язок між кількістю опадів (RR, мм) та індексами PW, Ki і SRH, та на підставі цього отримати рівняння регресії (рис. 4.10) з високим коефіцієнтом детермінації або

достовірності – $R^2 = 0,747$, що означає що значення предиктанту на 74,7% визначається впливом предикторів. Справджуваність на залежному матеріалі цього рівняння – 80%.

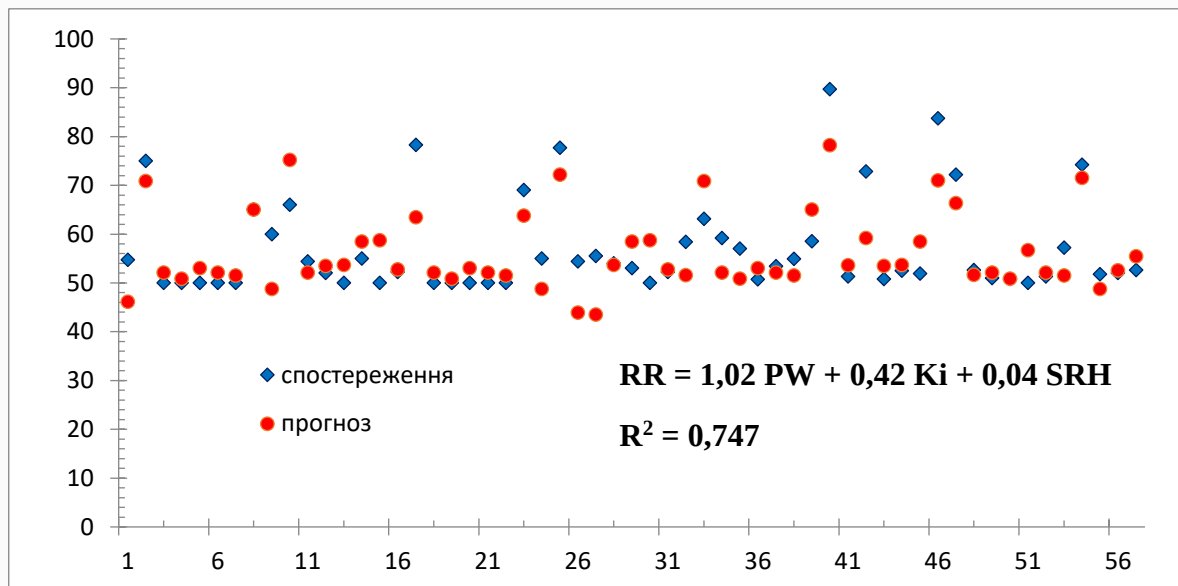


Рис. 4.10. Результати розрахунків кількості опадів (RR, мм) за рівнянням регресії

Отже, при виникненні надзвичайних опадів над Закарпатською областю у теплий період 2017-2019 рр. розрахунок індексів конвекції вказує на високий потенціал конвективної нестійкості тропосфери, але для оцінки можливості посилення опадів доцільно застосовувати число Вайтинга, індекси SRH і PW.

Висновки до розділу 4

1. Утворення сильних опадів над Закарпатською областю переважно відбувалося під впливом атмосферних процесів, які формувалися ЕЦМ 12а, ЕЦМ 13л та ЕЦМ 13з.

2. Найчастіше формування надзвичайних опадів спостерігалось при впливі на погодні умови Закарпаття улоговин західних та північно-західних

циклонів, з поступовим зростанням частки південних впродовж 30 років. Частка надзвичайних опадів (>80 мм/12 год) зменшилася, можливо, внаслідок послаблення зонального переносу.

3. При виникненні надзвичайних опадів над Закарпатською областю у теплий період 2016-2019 рр. розрахунок індексів конвекції вказує на високий потенціал конвективної нестійкості тропосфери, але для оцінки можливості посилення опадів доцільно застосовувати число Вайтинга, індекс SRH і PW.

ВИСНОВКИ

Особливості фізико-географічного положення Закарпатської області та синоптичних процесів є чинниками активізації утворення сильних та надзвичайних опадів, які значно погіршують соціально-економічний стан регіону. Визначено просторово-часовий розподіл основних показників небезпечних опадів на території Закарпаття і встановлені циркуляційні умови та параметри термодинамічного стану тропосфери напередодні посилення опадів до критеріїв стихійних метеорологічних явищ III рівня небезпечності.

До основних висновків проведеного в дисертаційній роботі дослідження можна віднести наступні:

1. Результати аналізу просторово-часового розподілу сильних та надзвичайних опадів на території Закарпатської області на основі самостійно створеної бази даних за 1990-2019 рр. показали, що через вплив на процес опадоутворення особливостей рельєфу та циркуляції атмосфери, найбільш складна ситуація небезпечного посилення опадів частіше відмічається у високогірній та східній частині області. Отже, тільки на сніголавинних станціях Плай та Пожежевська, а також на гідрологічному пості Усть-Чорна сильні чи надзвичайні опади виникають щорічно.

2. Показано, що сильні та надзвичайні опади на території Закарпатської області спостерігаються щорічно з тенденцією до збільшення їх кількості, переважно за рахунок дощів. Більш за все росте кількість сильних дощів на метеостанціях та надзвичайних снігопадів на гідрологічних постах. Залучення даних гідрологічних та метеорологічних постів дозволило визначити локалізацію значної частки сильних та надзвичайних опадів.

3. Виявлено, що подекуди на низовинній частині території Закарпатської області за 30-річний період дослідження збільшується кількість опадів (мм) під час стихійних метеорологічних явищ, а в гірській – незначно зменшується.

Досить рідко, надзвичайні опади ≥ 50 мм за ≤ 12 год. 2-5 разів за 30 років фіксуються на низовинній території.

4. Визначена максимальна повторюваність сильних та надзвичайних опадів на досліджуваній території в центральній частині гір в межах гірських хребтів Полонини Боржави, Чорногори, Свидовця та верхньої частини басейну річки Тересви. Зі збільшенням висоти місцевості, у певній мірі, зростає повторюваність стихійних опадів на території Закарпатської області.

5. Встановлено, що найбільш дощовими були перше та друге десятиріччя ХХІ ст., коли сильні дощі випадали кожного року на значних площах регіону.

6. Картографування просторового розподілу сильних та надзвичайних опадів з залученням інформації гідрологічних і метеорологічних постів чітко виявило три зони максимумів стихійних снігопадів: гірські хребти Чорногора і Полонина Боржава та верхів'я річки Тересви.

7. З'ясовано розташування ареалів найбільшої кількості опадів під час тривалих дощів на території поширення зсувів, тому через збільшення повторюваності надзвичайних опадів слід очікувати активізацію наявних зсувних процесів по території Закарпатської області, а також утворення нових осередків зсувів ґрунту.

8. Аналіз циркуляційних умов посилення опадів вказав, що у Закарпатті вони переважно спостерігаються під впливом меридіональної групи атмосферних процесів, що формується елементарними циркуляційними механізмами ЕЦМ 12а, ЕЦМ 13л та ЕЦМ 13з, тобто за наявності активної циклонічної діяльності над Арктикою, яка визначається розвитком циклонів на арктичному фронті і, особливо, регенерацією на ньому оклюдованих циклонів, що пересуваються з півдня при розвинутому антициклоні над північчю Євразії. Надзвичайні опади найчастіше утворюються при розташуванні над регіоном улоговин західних та північно-західних циклонів, з поступовим зростанням частки південних впродовж 30 років. Характерною ознакою випадків сильних опадів у Закарпатті виявилось розташування центрів циклонічних вихорів за межами регіону у більш північних широтах – над територією Польщі,

Скандинавським півостровом, Балтійським морем та над Великобританією за наявністю добре розвинутої меридіональної баричної улоговини на рівні 500 гПа.

9. Виявлено високий потенціал конвективної нестійкості тропосфери при виникненні надзвичайних опадів над Закарпатською областю у тепле півріччя 2016-2019 рр., але для оцінки можливості посилення опадів доцільно застосовувати лише число Вайтинга, відносну завихреність шторму та вологовміст всієї купчастої хмари (індекси SRH і PW).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдуллин Р. К., Шихов А. Н. Синтетическое картографирование опасных метеорологических явлений на региональном уровне. *Геодезия и картография*. 2017. Т. 78. № 7. С. 31-40.
2. Агрокліматичний довідник по Закарпатській області (1986-2005 рр.) / за ред. М. М. Данилюка, Т. І. Адаменко. Ужгород, 2013. 195 с.
3. Адаптація до зміни клімату: навч. підр. / Карпатський Інститут Розвитку. Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА». Ужгород. 2015. 84 с.
4. Активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП: щорічник / за ред.: В. Ф. Величко, Н. Г. Пишна. Київ: ДНВП «Геоінформ України», 2019. 111 с.
5. Андреева Г. К. Некоторые вопросы построения климатических карт. *Труды УкрНИГМИ*. 1974. Вып. 131. С. 106-116.
6. Андреева Е. С. Опасные явления погоды юга России: монография / под ред. Л. Н. Карлина. Санкт-Петербург: РГГМУ, ВВМ, 2006. 216 с.
7. Атмосфера: справочник (справочные данные, модели): справочное издание / под ред.: О. В. Лапина, О. Д. Рейнгерверц. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 509 с.
8. Балабух В. О. Кінетична енергія атмосфери як кількісний показник інтенсивності синоптичних процесів. *Фізична географія та геоморфологія*. 2009. Вип. 57. С. 54-63.
9. Балабух В. О., Лук'янець О. І. Зміна клімату та його наслідки у Рахівському районі Закарпатської області. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2015. Т. 2 (37). С. 132-148.
10. Балабух В. О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2008. Вип. 257. С. 61-72.

11. Балабух В. О. Особливості синоптичних процесів, що зумовлюють небезпечні і стихійні опади у теплий період на території України: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. Київ, 2008. 24 с.
12. Балабух В. О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Закарпатській області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2013. №13. С. 55-62.
13. Барабаш М. Б., Татарчук О. Г., Гребенюк Н. П., Корж Т. В. Сучасний стан режиму опадів на території України, як наслідок зміни клімату. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2006. Вип. 255. С. 25-41.
14. Барри Р. Г. Погода и климат в горах: монография / перевод с английского под ред.: А. Х. Хргиана, М. А. Петросянца. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. 311 с.
15. Басейнове управління водних ресурсів річки Тиса: архівні матеріали. URL: <https://buvrtyisa.gov.ua/newsite/?p=9801> (дата звернення: 17.07.2019).
16. Батталов Ф. З. Многолетние колебания атмосферных осадков и вычисление норм осадков: монография / под ред. О. А. Дроздова. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1968. 183 с.
17. Богатырь Л. Ф., Ромов А. И. Влияние орографии на распределение осадков в Украинских Карпатах и предгорьях в теплое время года. *Труды УкрНИГМИ*. 1979. Вып. 108. С. 26-40.
18. Бойко В. М., Кульбіда М. І., Донченко Л. В. Сніго-дощовий паводок у березні 2001 р. на Закарпатті: гідрометеорологічні передумови, розвиток та проблеми прогнозування. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2001. Вип. 249. С. 154-160.
19. Бойко В. М., Кульбіда М. І., Сусідко М. М. Визначний дощовий паводок на річках Закарпаття в листопаді 1998 р. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 1999. Вип. 247. С. 91-101.
20. Бучинський І. О., Волеваха М. М., Коржов В. О. Клімат Українських Карпат: монографія. Київ: Наукова думка, 1971. 136 с.

21. Волошина О. В., Книш І. Ф. Статистичне дослідження випадків дуже сильних дощів на території Західної України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. №6. С. 102-108.
22. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Клімат України та прикладні аспекти його використання: навч. посіб. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 180 с.
23. Гандин Л. С., Каган Р. Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
24. Гончарова Л. Д. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації: конспект лекцій. Одеса, 2017. 120 с.
25. Гончарова Л. Д., Серга Е. М., Школьный Є. П. Клімат і загальна циркуляція атмосфери: навч. посіб. Київ: КНТ, 2005. 251 с.
26. Грищенко В. Ф., Аксюк О. М., Гончаренко Г. А. Довідник зі снігового покриву в горах України (Карпати, Крим). Київ, 2013. URL: https://uhmi.org.ua/pub/books/snow_2013.pdf.
27. Грищенко В. Ф., Аксюк О. М., Гончаренко Г. А. Кадастр снігових лавин України (Карпати, Крим). Київ, 2014. URL: https://uhmi.org.ua/pub/books/the_cadastre_avalanches_of_ukraine.pdf.
28. Дзердзеевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. Избранные труды: монография. Москва: Наука, 1975. 286 с.
29. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации: монография / под ред. В. М. Катцова. Санкт-Петербург: ГГО им. А. И. Воейкова, 2017. 106 с.
30. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2019 рік. URL: https://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=308.
31. Дроздов О. А., Васильев В. А., Кобышева Н. В., Раевский А. Н., Смекалова Л. К., Школьный Е. П. Климатология: учебник / под ред.: О. А. Дроздова, Н. В. Кобышевой. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
32. ДСТУ 3513-97. Метеорологія. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 1997-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1997. 56 с.

33. ДСТУ 3992-2000. Кліматологія. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2001-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2001. 40 с.

34. Дубровская Л. И., Князев Г. Б. Компьютерная обработка естественно-научных данных методами многомерной прикладной статистики: учебное пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2011. 120 с.

35. Заболоцька Т. М., Підгурська В. М., Шпиталь Т. М. Небезпечно сильні опади в Україні та можливі причини їх утворення. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2006. Вип. 255. С. 25-41.

36. Звіт про науково-дослідну роботу: Проведення просторового аналізу тенденцій зміни частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ на території України внаслідок зміни клімату. URL: <http://uhmi.org.ua/project/rvndr/extrime.pdf> (дата звернення: 25.12.2019).

37. Золина О. Г. Статистическое моделирование экстремальных осадков и региональный атмосферный цикл влаги: дис. ... док. физ.-мат. наук: 25.00.30. Москва, 2018. 333 с.

38. 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.

39. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди: підр. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 407 с.

40. Изменение климата, 2014 г.: обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред.: Р. К. Пачаури, Л. А. Мейер. Женева: МГЭИК, 2015. 163 с.

41. Изменение климата в Восточной Европе: Беларусь, Молдова, Украина / под ред. Т. Мальковой, М. Денисовой. Женева: ЮНЕП, 2011. 59 с.

42. Индексы неустойчивости. URL: <http://flymeteo.org/stat/indexneust.php> (дата звернення 25.11.2019).

43. Калинин Н. А. Условия формирования и прогноз сильных осадков с помощью индексов неустойчивости атмосферы на территории Уральского Прикамья. *Географический вестник*. 2019. № 4 (51). С. 96-112.

44. Календарь последовательной смены ЭЦМ по периодам. URL: <http://atmospheric-circulation.ru> (дата звернення 10.02.2020 р.).

45. Кацалова Л. М., Шпиг В. М. Крігінг-інтерполяція в задачах прогнозу погоди. *Наукові праці УкрНДГМІ. Фізика атмосфери, метеорологія і кліматологія*. 2013. Вип. 264. С. 3-9.

46. Кац А. Л. Индекс циркуляции как показатель зональных и меридиональных синоптических процессов. *Метеорология и гидрология*. 1959. № 5. С. 3-8.

47. Кисиленко А. А. Вероятность одновременного выпадения осадков в отдельном пункте и на заданной площади горного бассейна. *Труды УкрНИГМИ*. 1968. Вып. 79. С. 65-70.

48. Кліматологічні стандартні норми (1961-1990 рр.). УкрНДГМІ та ЦГО. Київ: УкрГМЦ, 2002. 446 с.

49. Клімат України: монографія / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.

50. Кобышева Н. В., Гольберг М. А. Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. 86 с.

51. Кобышева Н. В., Наровлянский Г. Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 295 с.

52. Код для передавання штормових оповіщень про фактичні небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища (Код WAREP): затв. наказом Українського гідрометеорологічного центру від 12 серпня 2013 р. № 145. Київ: УкрГМЦ, 2013. 47 с.

53. Кононова Н. К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому: монография / отв. ред. А. Б. Шматин. Москва: Воентехиниздат, 2009. 372 с.

54. Кочугова Е. А. Структура и климатические изменения экстремальных осадков на территории Иркутской области. *Известия Иркутского государственного университета*. 2013. Т. 6. № 1. С. 91-105.

55. Кудашкин А. С., Кудрявая К. И. Теория вероятностей и математическая статистика в метеорологии: учебник / под ред. А. С. Кудашкина. Москва: Воениздат, 1985. 324 с.

56. Кульбіда М., Бабіченко В., Ніколаєва Н., Гущина Л. Особливості просторово-часового розподілу дуже сильного дощу в Україні за останнє двадцятиріччя. *Україна: географічні проблеми сталого розвитку*. Київ: Обрії, 2004. Т. III. С. 299-301.

57. Ліпінський В. М., Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Активізація стихійних метеорологічних явищ на території України – прояв глобальних змін клімату. *Український географічний журнал*. 2007. №2. С. 11-20.

58. Логвинов К. Т., Бабиченко В. Н., Кулаковская М. Ю. Опасные явления погоды на Украине: монография / под ред. К. Т. Логвинова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. 235 с.

59. Логвинов К. Т., Раевский А. Н., Айзенберг М. М. Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах: монография / под ред. К. Т. Логвинова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. 199 с.

60. Мальцев К. А., Мухарамова С. С. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): учеб. пос. Казань: Казанский университет, 2014. 103 с.

61. Манукало В. О., Ковальська Л. Г., Голень Н. К. Міжнародний каталог даних про стихійні лиха гідрометеорологічного походження. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2018. №5 (112). С. 73-80.

62. Мартазинова В. Ф., Щеглов А. А. Характер экстремальных осадков начала XXI столетия на территории Украины. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. № 22. С. 36-45.

63. Маслова Т. В., Грищенко В. Ф., Сусідко М. М. Багатосніжні зими в Закарпатті та інтенсивність сніголавинних явищ. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 1999. Вип. 247. С. 144-149.

64. Международный метеорологический словарь: второе издание. Женева: Секретариат ВМО, 1992. 784 с.

65. Міщенко Н. М., Панова Я. Л., Грушевський О. М. Нижньорівнева адвекція вологи як тригерний механізм атмосферної конвекції та предиктор її прогнозу. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. Вип. 25. С. 28-37.

66. Мкртчян О. С., Шубер П. М. Інтерполяція даних метеоспостережень кількостей опадів та інших кліматичних змінних методом регресійного кригінгу. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2013. Випуск 42. С. 258-264.

67. Морозова С. В. Циркуляция атмосферы как фактор изменчивости регионального климата. *Сборник статей «Глобальные и региональные изменения климата»*. 2011. С. 96-101.

68. Національний атлас України / гол. ред. Л. Г. Руденко, голова ред. кол. Б. Є. Патон. Київ: ДНВП «Картографія», 2007. 440 с.

69. Науково-експертний висновок про природні й техногенні причини проходження паводків у листопаді 1998 та березні 2001 років у Закарпатській області. URL: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article;jsessionid=99123F171CFC35973B3B8DC1D4203A27?art_id=59579&cat_id=59483.

70. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 р. URL: <https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/Stam2012.pdf>.

71. Неушкин А. И., Санина А. Т., Иванова Т. Б. Опасные природные гидрометеорологические явления в федеральных округах Европейской части России: справочная монография / под ред. Р. М. Вильфанда. Обнинск: ВНИИГМИ, 2008. 311 с.

72. Обновленная климатическая карта мира Кеппен-Гейгера: изображение. URL: <https://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html> (дата звернення: 15.09.2019).

73. Озимко Р. Р., Золотарьов А. Є., Манівчук В. М. Динаміка сильних дощів на території Закарпатської області на зламі століть. *Праці ЦГО ім. Бориса Срезневського*. 2020. Вип. 16 (30). С. 53-57.

74. Опасные конвективные явления и их прогноз в условиях сложного рельефа: монография / под ред. Л. М. Федченко, Г. Г. Гораль, В. А. Беленцова, Н. М. Мальбахова. Москва: Гидрометеиздат, 1991. 424 с.

75. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні. *Український географічний журнал*. 2012. № 4. С. 8-14.

76. Переведенцев Ю. П. Современные изменения климата и их последствия. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. Воронеж, 2019. № 2. – С. 98-102. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/geograph/2019/02/2019-02-13.pdf>.

77. Переведенцев Ю. П. Теория климата: учебное пособие (2-е изд. перераб. и доп.). Казань: КГУ, 2009. 504 с.

78. Перехрест С. М., Кочубей С. Г., Печковська О. М. Шкідливі стихійні явища в Українських Карпатах і методи боротьби з ними: монографія. Київ: Наукова думка, 1971. 199 с.

79. Положение о порядке составления и передачи предупреждений о возникновении стихийных (особо опасных) гидрометеорологических и гелиогеофизических явлений и экстремально высоком загрязнении природной среды: утв. приказом Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды № 247 от 9 декабря 1985 г. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 32 с.

80. Положення про порядок складання та доведення попереджень, оперативних інформацій, оповіщень, донесень про виникнення і розвиток небезпечних та стихійних метеорологічних явищ I, II та III рівнів

небезпечності: затв. наказом Українського гідрометеорологічного центру від 27.12.2019 № 245. Київ: УкрГМЦ, 2019. 18 с.

81. Положення про порядок складання та передачі попереджень і донесень про виникнення стихійних явищ, різких змін погоди, поєднання небезпечних явищ та випадків екстремально високого забруднення природного середовища: затв. наказом Голови Держкомгідромету України від 19 липня 1994 р. №118. Київ: ДОД Держкомгідромету, 1994. 33 с.

82. Полякова Л. С., Кашарин Д. В. Метеорология и климатология: учебное пособие. Новочеркасск: НГМА, 2004. 107 с.

83. Природа Закарпатської області: монографія / за ред. К. І. Геренчука. Львів: Вища школа, 1981. 156 с.

84. Природно-заповідний фонд Закарпатської області / за заг. ред. С. С. Поп. Ужгород: Карпати, 2011. 256 с.

85. Природні багатства Закарпаття: монографія / упоряд. В. Л. Боднар. Ужгород: Карпати, 1987. 284 с.

86. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату. URL: <http://www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document?id=117455>.

87. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / под ред. А. И. Бедрицкого. Санкт-Петербург: Летний сад, 2009. Т. 2. 312 с.

88. Рудакова Д. В., Перкова Т. І. Обробка геоданих у програмах Surfer та Mapinfo: методичні вказівки. Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 26 с.

89. Руководство по климатологической практике: материалы ВМО-№ 100. Женева, 2018. 169 с.

90. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм: материалы ВМО-№ 1203. Женева, 2017. 32 с.

91. Сакали Л. И., Дмитренко Л. В., Киптенко Е. Н., Лютик П. М. Тепловой и водный режим Украинских Карпат: монография. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 365 с.

92. Семенов С. М., Инсаров Г. Э., Мендес К. Л. Характеристика неопределенностей в оценках Межправительственной группы экспертов по

изменению климата. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2019, № 1. С. 76-96. DOI: <https://10.21513/2410-8758-2019-1-76-96>.

93. Семергей-Чумаченко А. Б., Озимко Р. Р. Динаміка виникнення стихійних опадів на території Закарпатської області з 1990 по 2019 рр. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2020. № 5 (47). С. 23-26.

94. Семергей-Чумаченко А. Б., Озимко Р. Р. Сильні дощі та зливи у Закарпатській області як стихійні метеорологічні явища (1999-2018 рр.). *Український географічний журнал*. 2019. № 4 (108). С. 11-17.

95. Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс: сокращенный окончательный отчет с резолюциями, г. Женева, 25 мая – 12 июня 2015 г. Женева, 2015. 823 с.

96. Силкин К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: учебное пособие / под ред. О. А. Исаевой. Воронеж: ВГУ, 2008. 66 с.

97. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации / под ред. К. Ш. Хайруллина. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1997. 587 с.

98. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.

99. Стихийные метеорологические явления на территории Беларуси: справочник / под ред. М. А. Гольберг. Минск: Белорусский научно-исследовательский центр экологии, 2002. 131 с.

100. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии: монография / под ред. В. Н. Бабиченко. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.

101. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.): монографія / за заг. ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ: Ніка-Центр, 2006. 312 с.

102. Токмаков А. И. Осадки в Украинских Карпатах. МВиССО УССР. Черновцы: Черновицкий государственный университет, 1974. 56 с.

103. Украинские Карпаты. Природа / М. А. Голубец и др. Киев: Наукова думка, 1988. 207 с.
104. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект: аналітична доповідь / за заг. ред. В. Р. Сіденка та О. О. Веклич. Київ: Заповіт, 2016. 208 с.
105. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь: издание третье переработанное и дополненное. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 568 с.
106. Чепурна Т. Б., Чепурний І. В. Деякі геоморфологічні характеристики селів Закарпаття та їх зв'язок із літологією. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2015. № 2(39). С. 38-48.
107. Шевченко О. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. URL: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf.
108. Шестое национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата. URL: https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_v7_final_%5B1%5D.pdf.
109. Шкільний Є. П., Лосєва І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: навч. підр. Київ: Міносвіти України, 1999. 591 с.
110. Шкільний Є. П., Серга Е. М., Галич Є. А. Багатовимірний статистичний аналіз гідрометеорологічної інформації: навч. посіб. Одеса: ТЕС, 2015. 161 с.
111. Щербань І., Бабіченко В., Ніколаєва Н., Рудішина С. Дуже сильні снігопади в Україні за останнє двадцятиріччя. *Україна: географічні проблеми сталого розвитку*. Київ: Обрії, 2004. Т. III. С. 301-303.
112. Acar Z., Gönençgil B. Extreme precipitation events in Turkey. *Meteorologický časopis SHMU*. 2019. № 22. P. 87-94.
113. E-OBS daily gridded meteorological data for Europe from 1950 to present derived from in-situ observations. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/insitu-gridded-observations-europe?tab=overview>.

114. EUMETSAT NWC SAF. URL: <http://www.nwcsaf.org/web/guest/nec/geo-geostationary-archive> (дата звернення: 11.04.2020).
115. European Severe Weather Database. URL: <https://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi> (дата звернення: 07.07.2019).
116. Extreme Weather Events in Ukraine: Occurrence and Changes. URL: <https://www.intechopen.com/books/extreme-weather/extreme-weather-events-in-ukraine-occurrence-and-changes> (дата звернення: 15.04.2020).
117. IPCC Climate Change 2014: Fifth Assessment Report. URL: <http://ipcc.ch/report/ar5/> (дата звернення: 25.07.2019).
118. Jurgen Gracier. Convection parameters. URL: <http://www.juergengrieser.de/ConvectionParameters/ConvectionParameters.pdf> (дата звернення: 20.02.2020).
119. Lukić T., Basarin B., Micić T., Bjelajac D., Maris T., Marković S., Pavić D., Gavrilov M., Mesaroš M. Rainfall erosivity and extreme precipitation in the Netherlands. *Időjárás OMSZ*. 2018. № 122. P. 409-432.
120. Martazinova V. F. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analog. *J. Environ. Sci. Eng.*, 2005, 7, pp. 61-65.
121. NOAA: National centers for environmental information. URL: ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis_only (дата звернення: 11.04.2020).
122. Popov T., Gnjata S., Trbić G. Analysis of extreme precipitation over the Peripannonian region of Bosnia Hercegovina. *Időjárás OMSZ*. 2018. № 122. P. 433-452.
123. Surfer. Quick Start Guide, Inc. Golden: Golden Software, 2020. 88 p. URL: <https://www.surfer.net.pl/files/SurferQSG-PL.pdf>.
124. Surfer 12. Quick Start Guide, Inc. Golden: Golden Software, 2014. 51 p. URL: <http://downloads.goldensoftware.com/guides/Surfer12Guide.pdf>.

ДОДАТОК А

Динаміка одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів
по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.

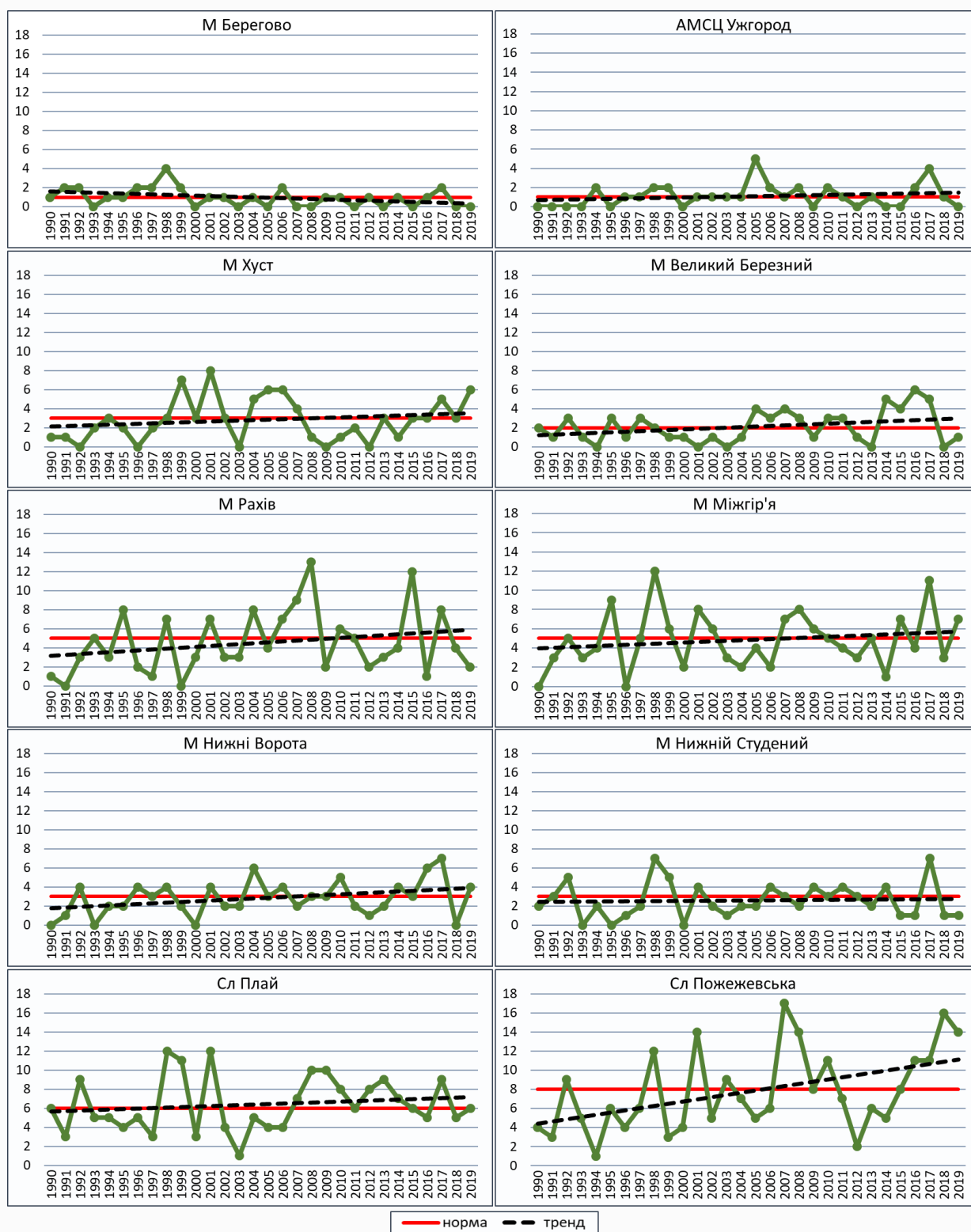


Рис. А.1. Міжрічна повторюваність одиничних випадків
сильних та надзвичайних опадів по метеостанціям
(вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

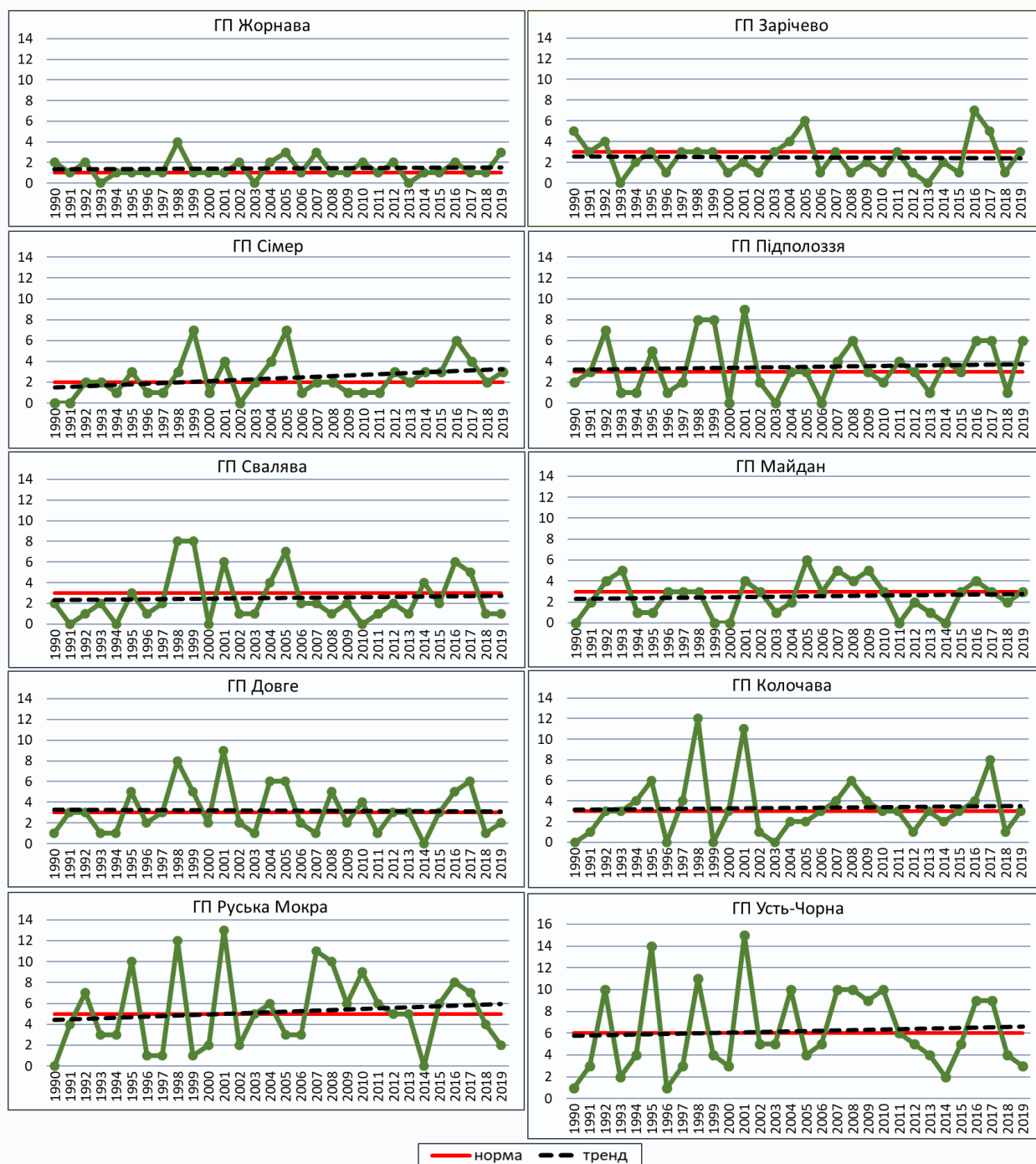




Рис. А.2. Міжрічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів по гідропостам (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

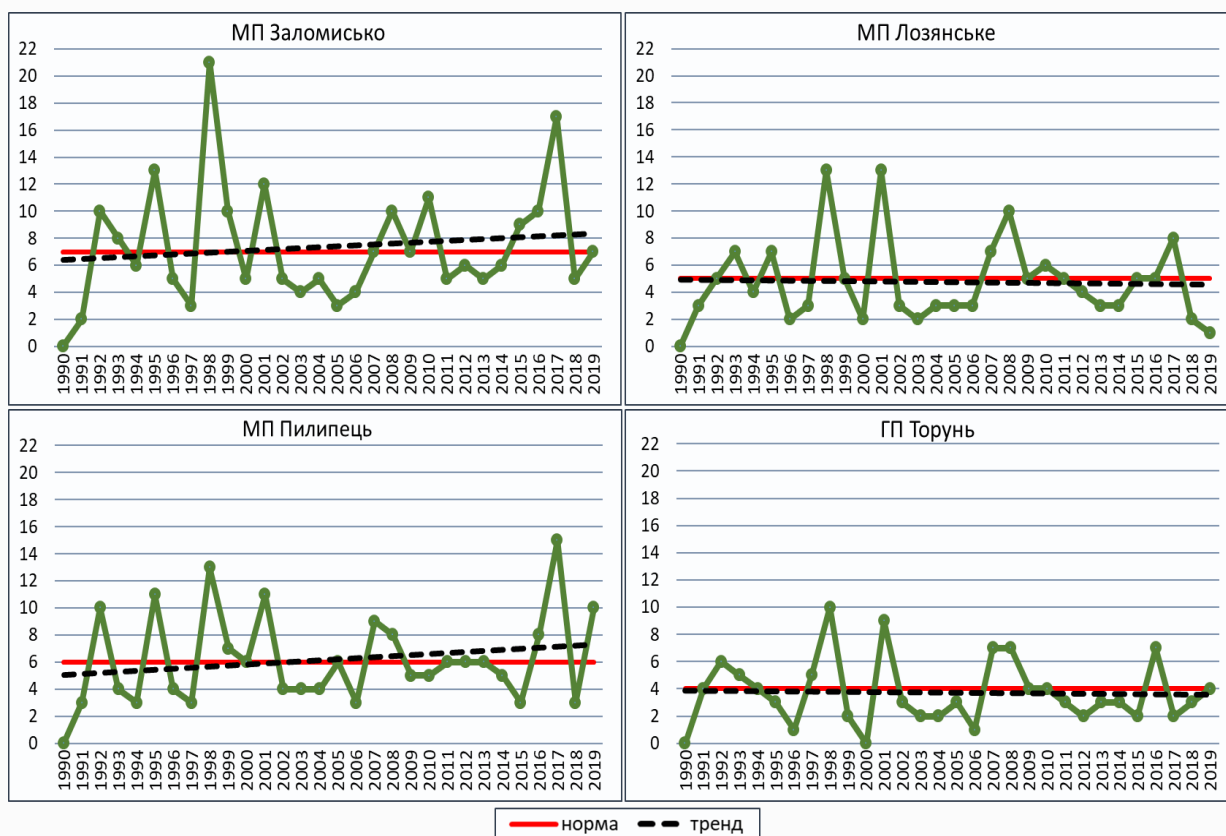


Рис. А.3. Міжрічна повторюваність одиничних випадків
сильних та надзвичайних опадів по метеопостам
(вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

ДОДАТОК Б

Динаміка кількості опадів (мм) під час СМЯ (крім тривалих дощів)
по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.



Рис. Б.1. Динаміка кількості опадів (мм) під час СМЯ
по метеостанціям
(вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість опадів у міліметрах)

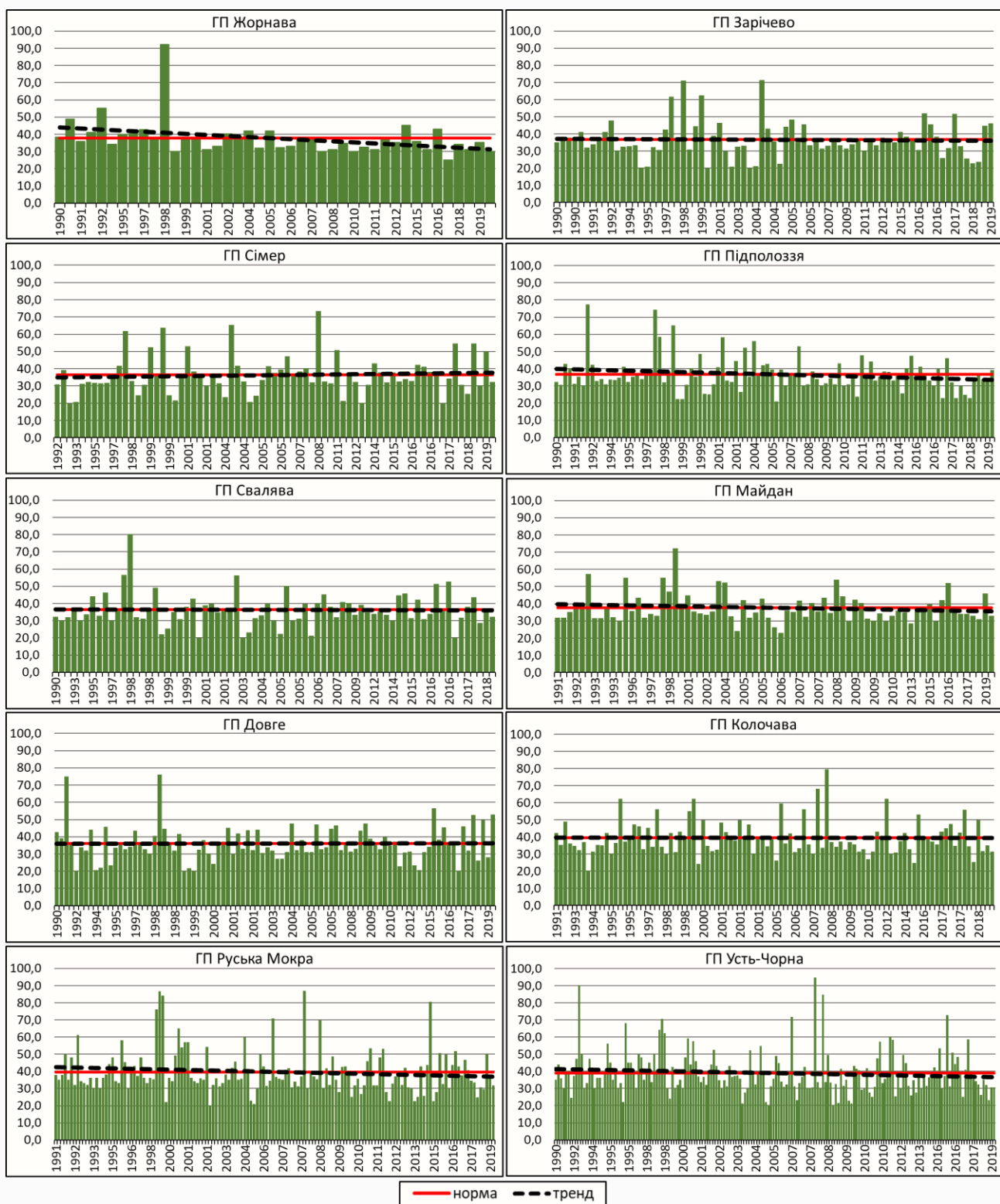




Рис. Б.2. Динаміка кількості опадів (мм) під час СМЯ
по гідропостам
(вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість опадів у міліметрах)

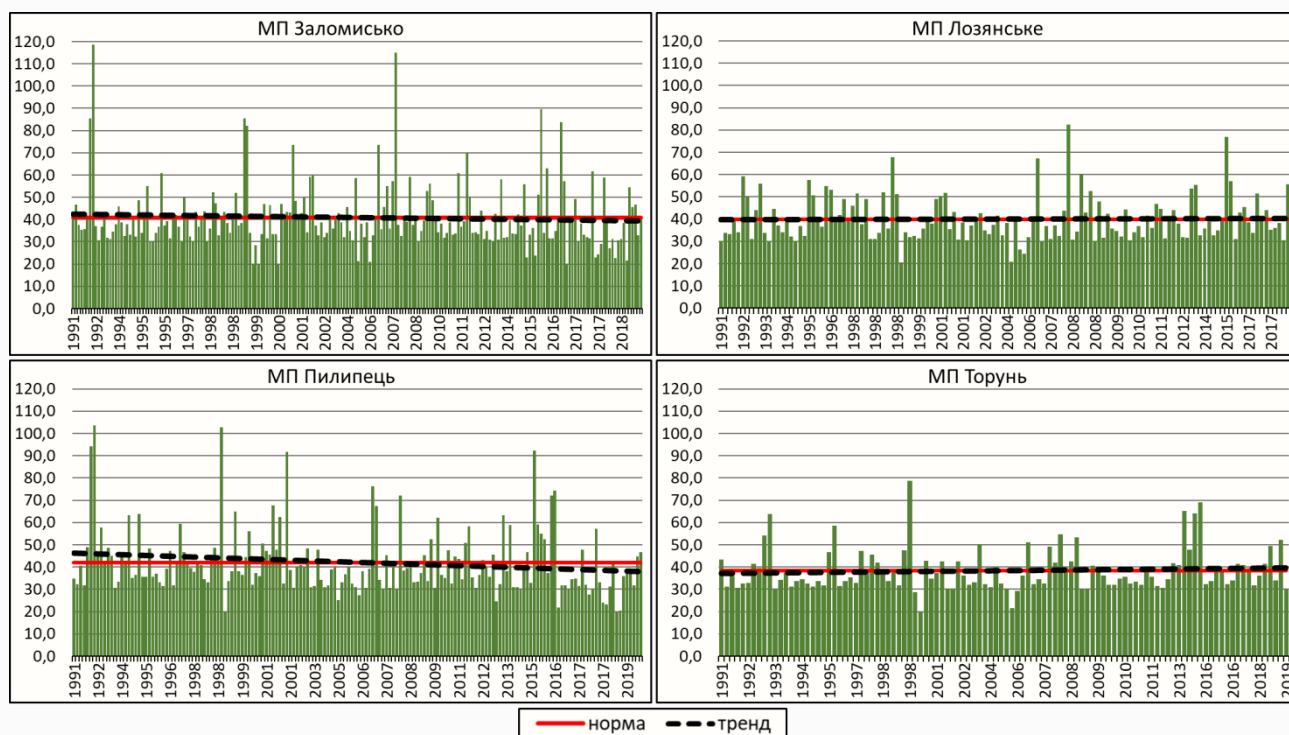


Рис. Б.3. Динаміка кількості опадів (мм) під час СМЯ
по метеопостам
(вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість опадів у міліметрах)

ДОДАТОК В

Динаміка одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.

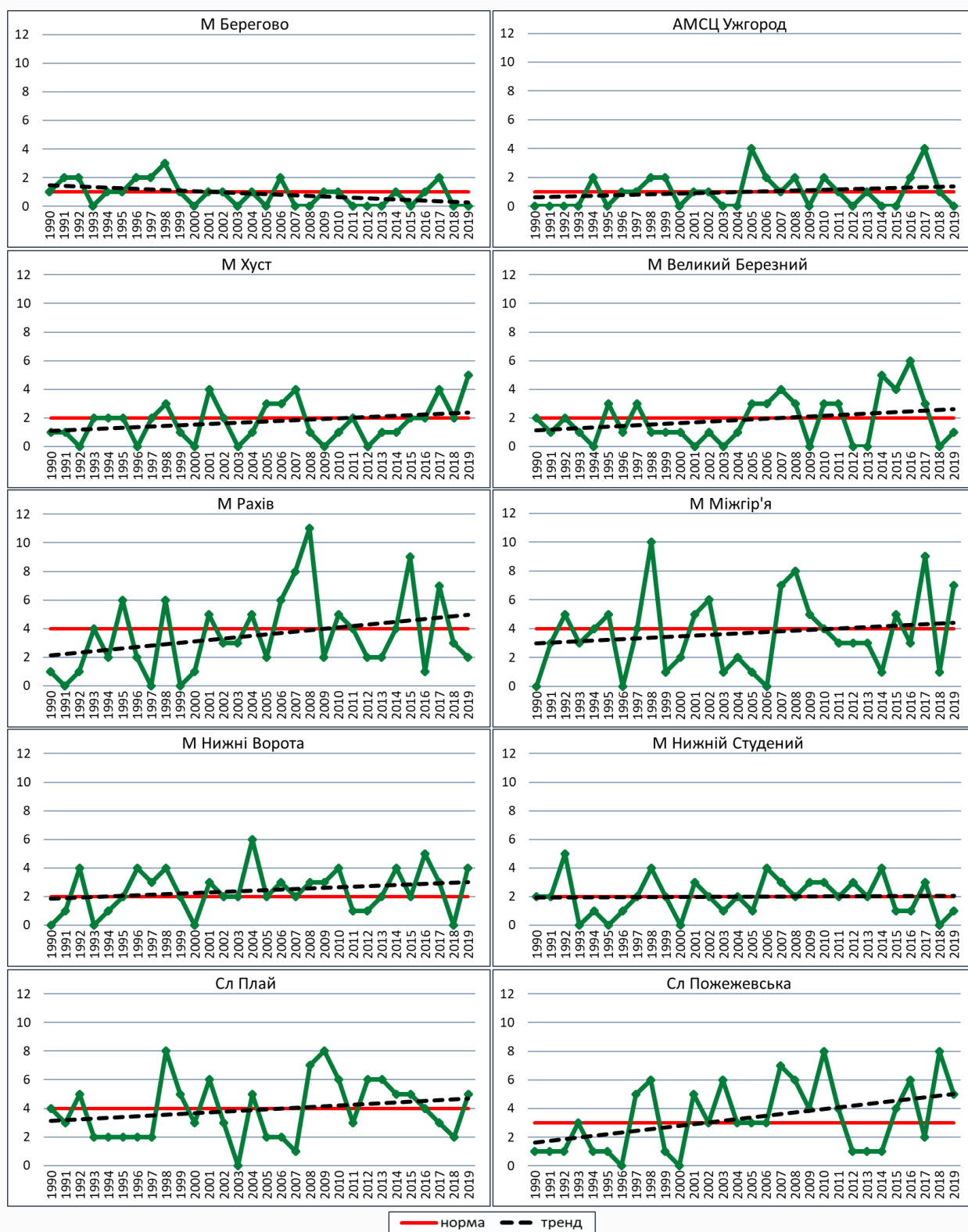
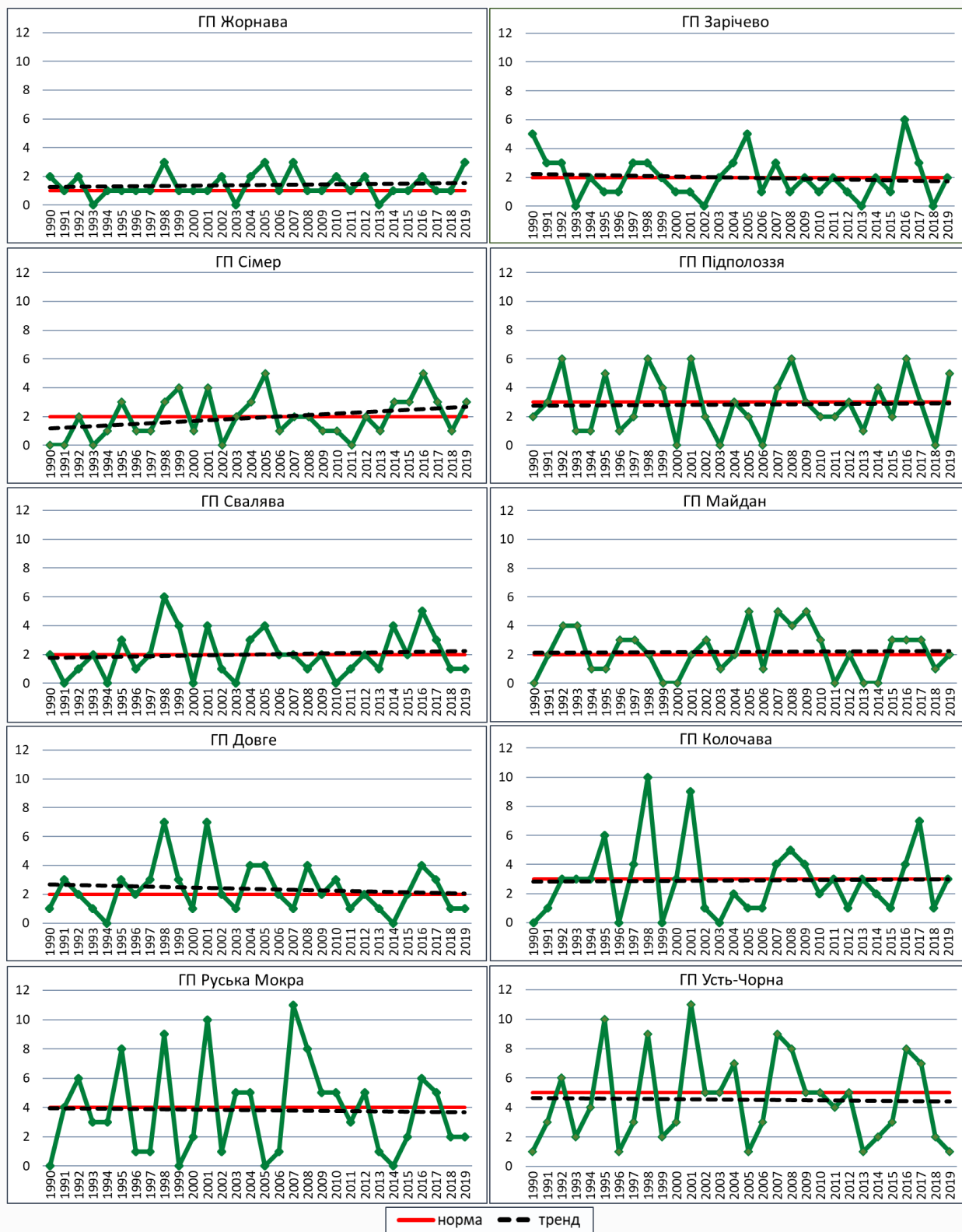


Рис. В.1. Міжрічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по метеостанціям (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)



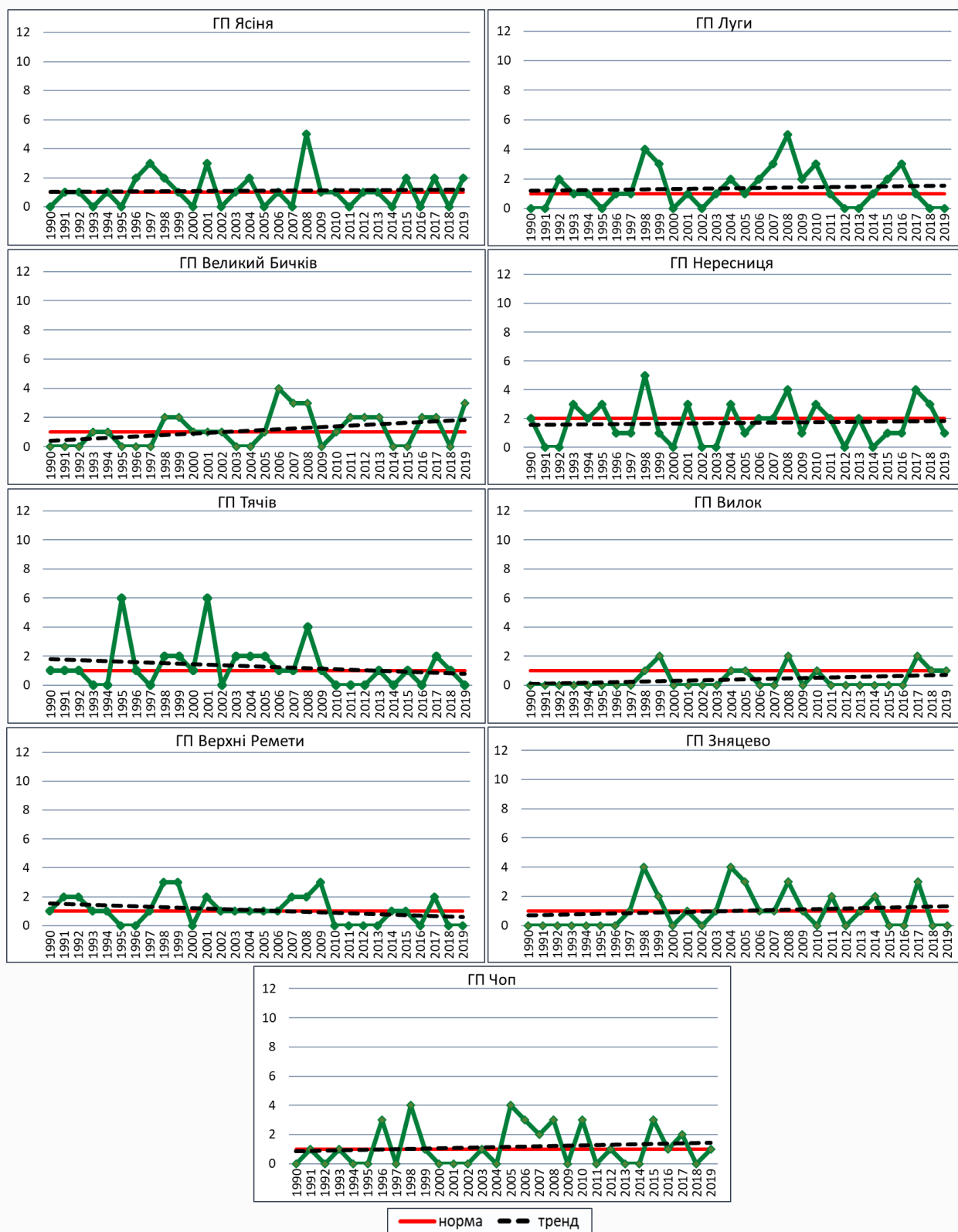


Рис. В.2. Міжрічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по гідропостам (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

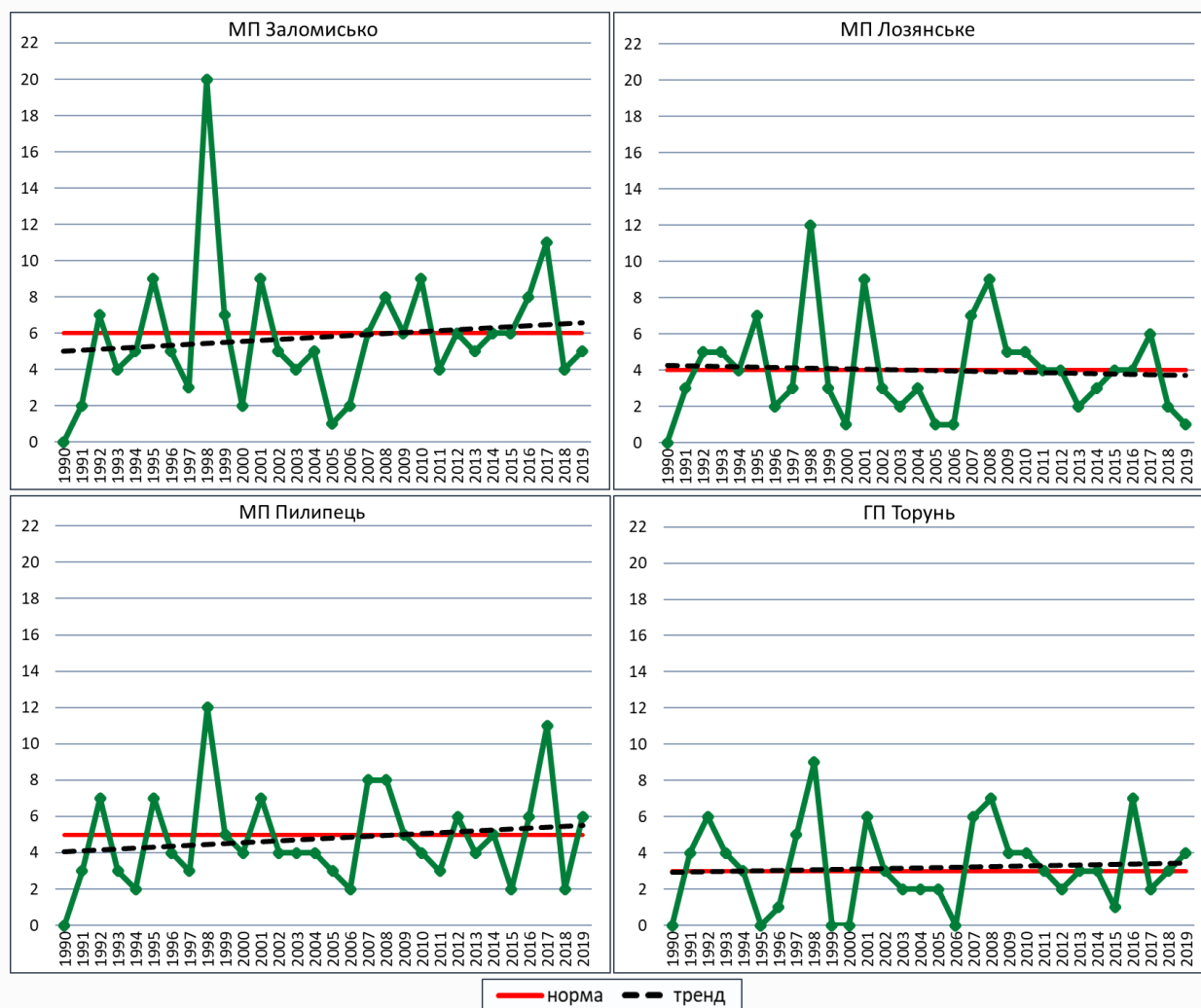


Рис. В.3. Міжрічна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по метеопостам (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків)

ДОДАТОК Г

Динаміка кількості опадів (мм) під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по пунктам спостережень за 1990-2019 рр.

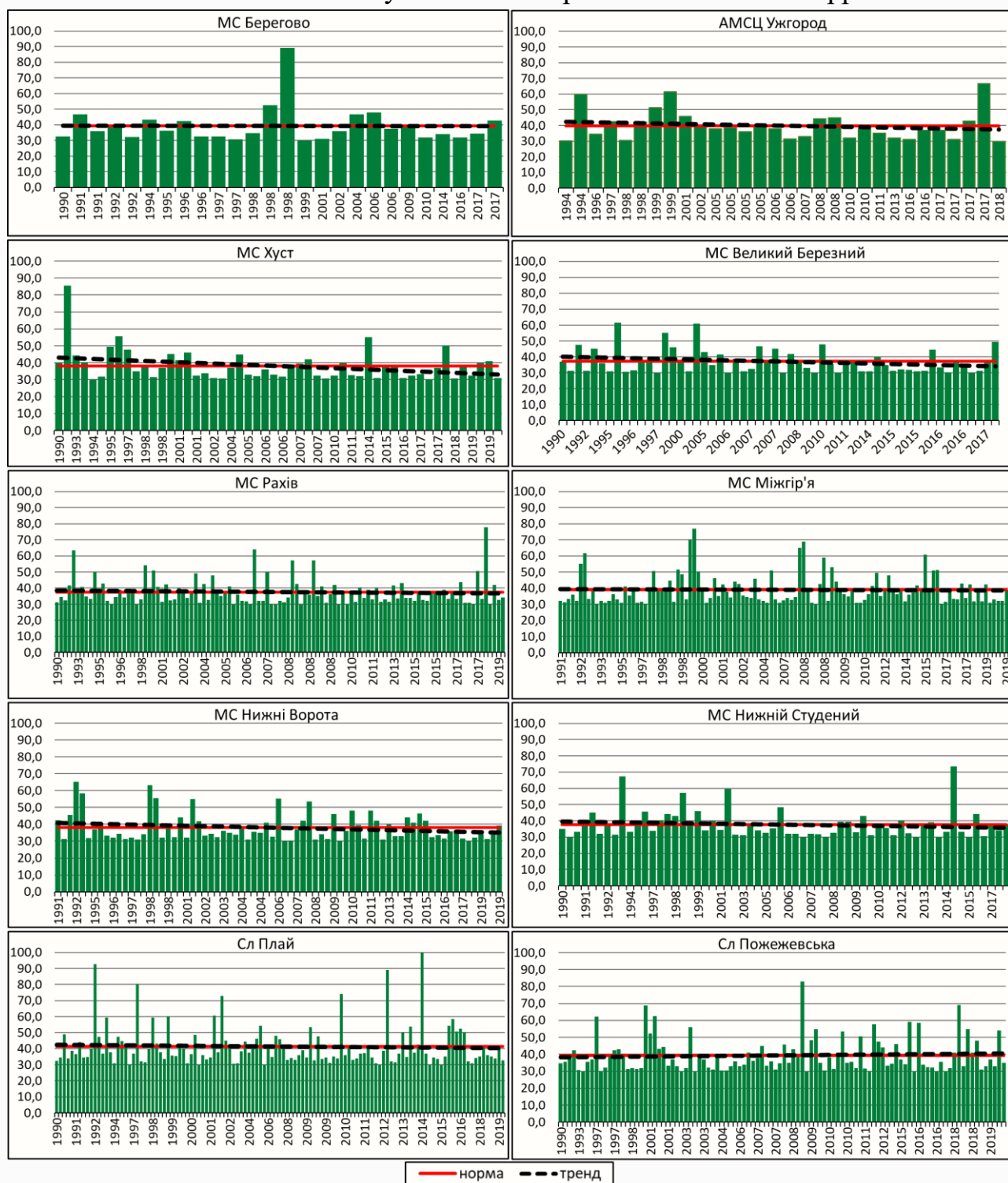


Рис. Г.1. Динаміка кількості опадів (мм) під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по метеостанціям (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість опадів у міліметрах)





Рис. Г.2. Динаміка кількості опадів (мм) під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по гідропостам (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість опадів у міліметрах)

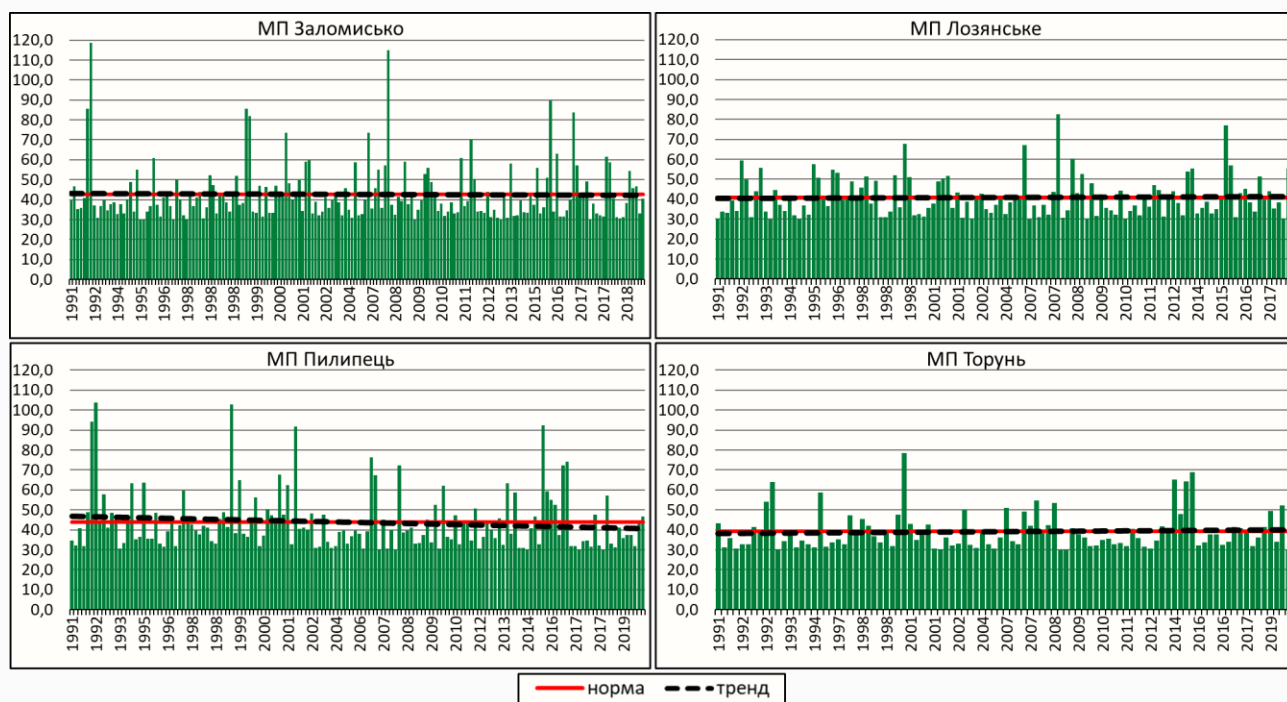


Рис. Г.3. Динаміка кількості опадів (мм) під час сильних та надзвичайних дощів і сильних злив по метеопостах
(вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість опадів у міліметрах)

ДОДАТОК Д

Матриці зведених статистичних сукупностей всіх одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області за 1990-2019 рр.

Таблиця Д.1.

Кількість одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів
по всім пунктам спостережень

Рік Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990	1	2	1	2	5	4	9	1	1	8	2	-
1991	-	-	-	9	5	1	3	15	6	16	-	-
1992	-	1	10	3	0	6	9	3	24	41	24	-
1993	-	2	1	2	1	10	27	-	2	-	-	27
1994	2	5	9	8	6	2	-	6	8	19	-	-
1995	3	10	25	15	3	6	10	2	11	-	24	22
1996	-	-	-	3	7	1	9	11	6	9	4	3
1997	-	-	2	-	16	13	16	7	5	13	-	-
1998	1	-	2	14	1	20	55	18	12	39	58	4
1999	2	34	-	3	-	12	27	17	6	-	20	7
2000	5	4	4	3	1	3	6	-	5	-	-	16
2001	2	3	90	1	-	4	19	16	7	-	37	24
2002	2	4	2	-	6	13	7	5	1	21	-	2
2003	3	3	-	2	-	1	13	1	3	27	3	3
2004	14	4	1	-	10	3	12	22	12	2	24	9
2005	17	15	2	7	25	3	6	21	13	-	-	12
2006	1	-	28	1	7	15	4	33	-	1	-	-
2007	39	14	7	-	7	9	28	8	17	3	3	11
2008	1	3	32	4	6	28	59	24	-	3	5	6
2009	1	-	3	5	2	23	13	4	1	21	-	29
2010	-	2	-	-	18	3	23	9	1	2	15	45
2011	-	4	1	-	1	9	11	12	1	2	-	48
2012	2	4	-	-	1	13	7	3	13	9	21	-
2013	2	12	20	1	2	2	1	4	5	-	25	2
2014	1	3	2	5	13	8	6	17	5	10	-	1
2015	11	-	4	8	11	4	3	1	12	2	51	-
2016	24	5	-	9	-	6	13	9	5	10	52	1
2017	14	20	1	1	12	24	11	19	6	26	6	49
2018	1	11	17	3	6	18	2	3	8	4	-	1
2019	9	2	5	4	26	12	9	11	2	4	17	-
Σ	158	167	269	113	198	276	418	302	198	292	391	322
σ	9	7	17	4	7	7	14	8	6	11	17	15
C _p (%)	163	131	195	106	106	80	98	83	84	118	131	139

Таблиця Д.2

Кількість одиничних випадків сильних та надзвичайних дощів і сильних злив
по всім пунктам спостережень

Рік Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990	-	-	-	-	5	4	9	1	1	8	1	-
1991	-	-	-	8	2	1	3	15	6	16	-	-
1992	-	-	4	3	-	6	9	3	19	28	19	-
1993	-	-	-	1	1	10	21	-	2	-	-	19
1994	-	1	5	6	6	2	-	6	8	18	-	-
1995	-	7	18	11	3	6	10	2	10	-	16	12
1996	-	-	-	-	7	1	9	11	5	7	3	1
1997	-	-	-	-	16	12	15	8	4	13	-	-
1998	1	-	1	8	-	20	52	17	12	33	41	-
1999	1	1	-	1	-	12	22	20	3	-	7	1
2000	-	-	3	-	-	3	6	-	5	-	-	11
2001	-	-	62	-	-	4	18	16	7	-	24	5
2002	1	1	1	-	6	13	7	5	1	22	-	1
2003	-	-	-	2	-	1	12	1	3	26	3	-
2004	2	-	-	-	10	3	12	22	11	2	18	9
2005	-	-	-	4	25	3	6	21	13	-	-	-
2006	-	-	1	1	7	14	4	33	-	1	-	-
2007	31	6	7	-	7	9	27	8	17	1	-	9
2008	-	-	22	4	6	28	54	23	-	3	1	5
2009	1	-	1	5	2	22	14	4	1	9	-	27
2010	-	-	-	-	18	3	23	9	1	-	13	28
2011	-	-	1	-	1	9	11	12	1	-	-	26
2012	-	-	-	-	1	13	7	3	13	7	19	-
2013	-	2	8	1	2	2	1	4	4	-	24	-
2014	1	2	1	2	13	8	6	17	5	10	-	-
2015	2	-	3	3	11	4	3	1	12	2	34	-
2016	18	4	-	9	-	5	13	9	5	10	39	-
2017	-	14	1	-	12	24	11	19	6	20	2	18
2018	-	2	-	1	6	18	2	3	8	3	-	-
2019	-	-	1	3	21	12	9	11	2	3	14	-
Σ	58	40	140	73	188	272	396	304	185	242	278	172
σ	6	3	12	3	7	7	13	8	5	10	12	9
$C_v(\%)$	325	220	253	127	107	80	95	82	82	118	135	155

Таблиця Д.3

Кількість одиничних випадків сильних та надзвичайних тривалих дощів
по всім пунктам спостережень

Рік Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8	5	-
1993	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	4
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	1	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	3	1	-	4	13	-
1999	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2001	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	8	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
2007	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2008	-	-	6	-	-	-	6	1	-	-	-	1
2009	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
2010	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	9
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-
2016	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	12	-
2017	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	1	-
Σ	4	2	32	3	5	4	24	2	2	13	56	30
σ	1	0	4	1	1	0	2	0	0	2	4	2
C _v (%)	421	374	413	539	539	255	217	374	539	366	207	229

Таблиця Д.4

Кількість одиничних випадків сильних та надзвичайних снігопадів
по всім пунктам спостережень

Рік Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-	1	-
1991	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	1	6	-	-	-	-	-	3	5	-	-
1993	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	4
1994	2	4	4	2	-	-	-	-	-	1	-	-
1995	3	3	5	1	-	-	-	-	1	-	7	10
1996	-	-	-	3	-	-	-	-	1	2	1	2
1997	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	1	5	1	-	-	-	-	2	4	4
1999	1	32	-	2	-	-	-	-	-	-	13	6
2000	5	4	1	3	1	-	-	-	-	-	-	3
2001	2	3	4	1	-	-	-	-	-	-	5	19
2002	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2003	3	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
2004	12	4	1	-	-	-	-	-	1	-	4	-
2005	17	15	2	3	-	-	-	-	-	-	-	12
2006	1	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	7	7	-	-	-	-	-	-	-	2	3	2
2008	1	-	7	-	-	-	-	-	-	-	4	-
2009	-	-	2	-	-	-	-	-	-	12	-	1
2010	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	2	8
2011	-	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	15
2012	2	4	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-
2013	2	10	12	-	-	-	-	-	1	-	-	2
2014	-	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	1
2015	9	-	1	5	-	-	-	-	-	-	5	-
2016	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
2017	14	5	-	1	-	-	-	-	-	5	4	25
2018	1	11	16	1	-	-	-	-	-	1	-	1
2019	9	2	4	-	1	-	-	-	-	-	2	-
Σ	96	123	99	34	6	-	-	-	7	37	57	120
σ	4	6	6	1	1	-	-	-	1	2	3	6
C _v (%)	141	153	173	130	300	-	-	-	264	196	150	154

ДОДАТОК Е

Просторовий розподіл опадів (мм) під час найбільших тривалих дощів

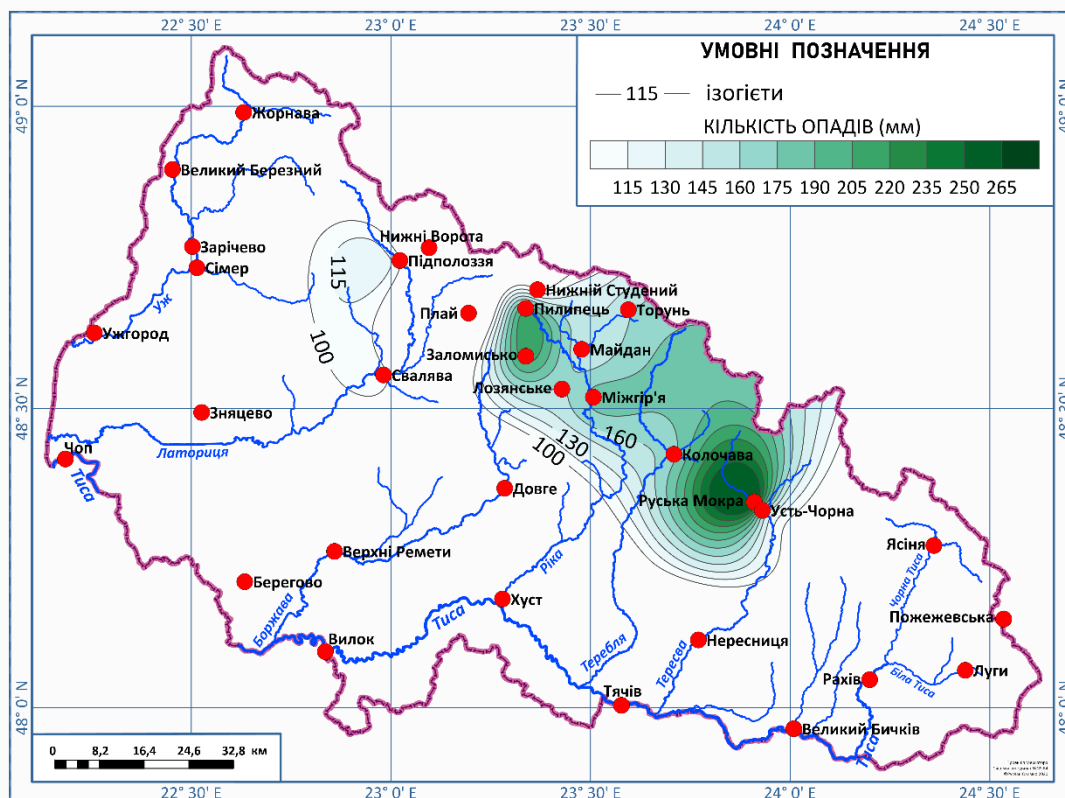


Рис. Е.1. Кількість опадів під час тривалого дощу 3-5 листопада 1998 року

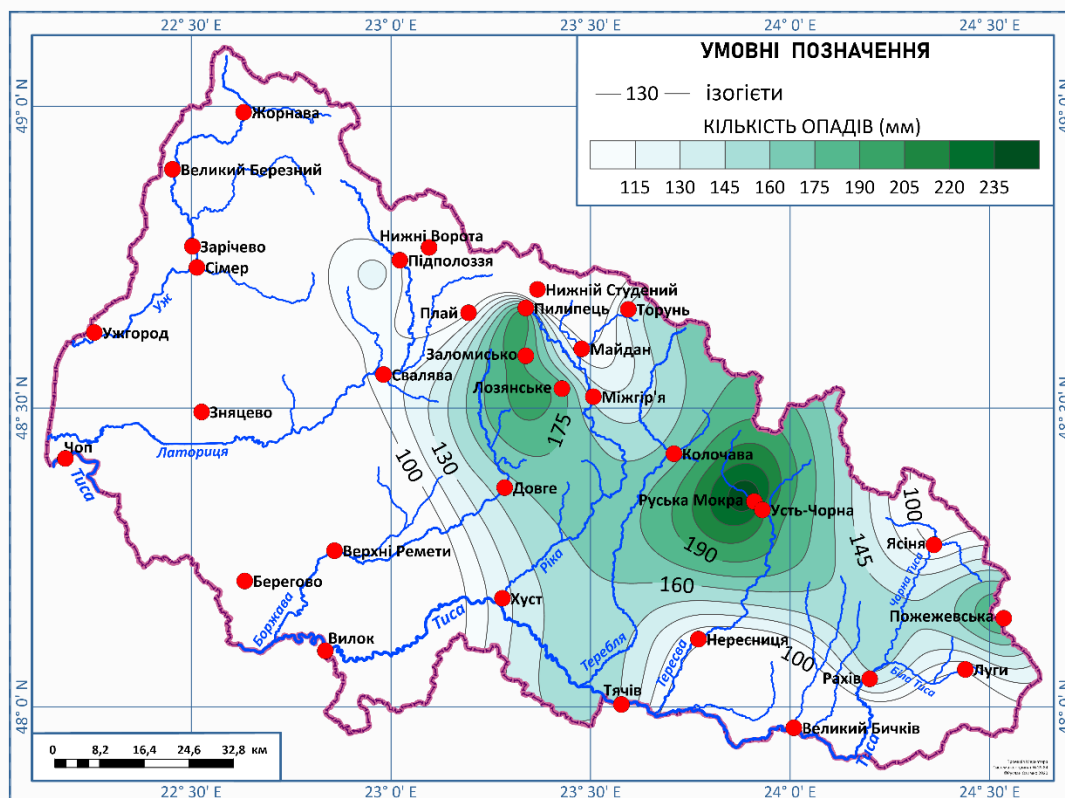


Рис. Е.2. Кількість опадів під час тривалого дощу 3-5 березня 2001 року

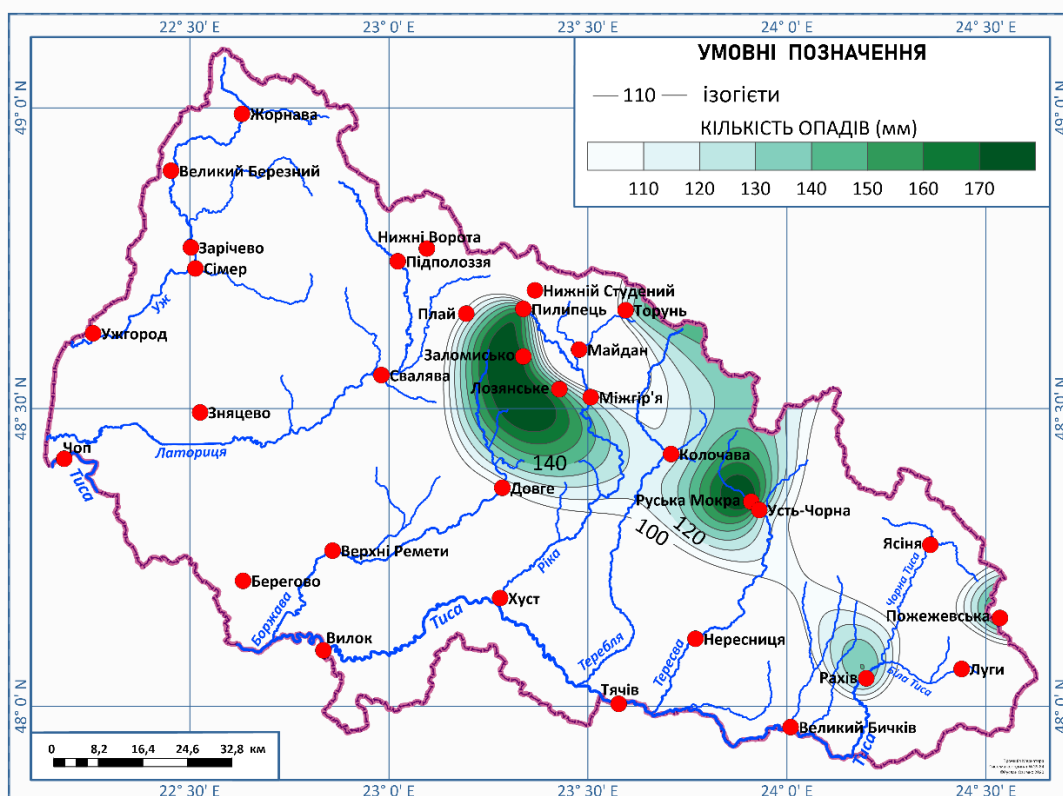


Рис. Е.3. Кількість опадів під час тривалого дощу 19-22 листопада 2015 року

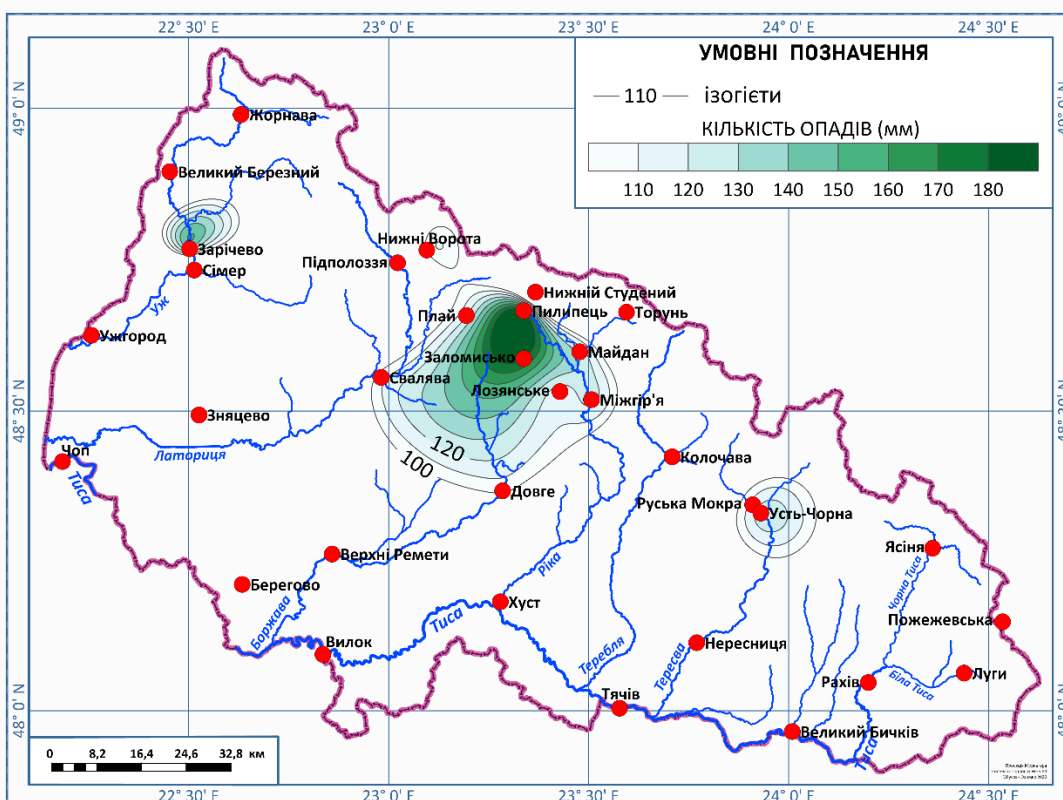


Рис. Е.4. Кількість опадів під час тривалого дощу 5-7 листопада 2016 року

ДОДАТОК Є

Таблиця Є.1

Сильні та надзвичайні тривалі дощі
в Закарпатській області протягом 1990-2019 рр.

Назва пункту спостережень	Дата	Опади (мм)	Початок-кінець (час UTC)	Тривалість	Кількість охоплених пунктів
ГП Усть-Чорна	5-7.09.1992	109	06:00-06:00	48 год	2
М Рахів	5-7.09.1992	106	18:00-18:00	48 год	
Сл Плай	20-22.10.1992	100	18:00-18:00	48 год	5
ГП Руська Мокра	20-22.10.1992	100	18:00-18:00	48 год	
МП Заломисько	21-22.10.1992	124	18:00-18:00	24 год	
МП Пилипець	21-22.10.1992	121	18:00-18:00	24 год	
ГП Усть-Чорна	21-22.10.1992	102	18:00-18:00	24 год	
Сл Плай	28-29.10.1992	102	18:00-18:00	24 год	3
МП Пилипець	28-29.10.1992	139	18:00-18:00	24 год	
МП Заломисько	28-29.10.1992	149	18:00-18:00	24 год	
М Великий Березний	15-17.11.1992	100	18:00-18:00	48 год	5
МП Пилипець	16-17.11.1992	148	06:00-18:00	36 год	
ГП Зарічево	16-17.11.1992	119	06:00-18:00	36 год	
Сл Плай	16-18.11.1992	104	06:00-06:00	48 год	
ГП Підполоззя	16-18.11.1992	101	06:00-06:00	48 год	
Сл Плай	21-23.07.1993	105	18:00-18:00	48 год	6
ГП Майдан	22-23.07.1993	108	06:00-18:00	36 год	
МП Торунь	22-23.07.1993	105	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	22-23.07.1993	123	06:00-18:00	36 год	
МП Пилипець	22-23.07.1993	100	06:00-18:00	36 год	
МП Заломисько	22-23.07.1993	103	06:00-18:00	36 год	
ГП Нересниця	19-21.12.1993	105	18:00-18:00	48 год	4
МП Заломисько	20-21.12.1993	111	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	20-21.12.1993	117	06:00-18:00	36 год	
М Рахів	20-22.12.1993	161	06:00-06:00	48 год	
ГП Руська Мокра	19-21.03.1995	100	06:00-06:00	48 год	1
ГП Усть-Чорна	27-28.03.1995	101	06:00-06:00	24 год	1
МП Заломисько	26-27.04.1995	109	06:00-18:00	36 год	3
МП Пилипець	26-27.04.1995	124	06:00-18:00	36 год	
ГП Усть-Чорна	26-28.04.1995	102	06:00-06:00	48 год	
ГП Руська Мокра	16-18.11.1995	100	06:00-06:00	48 год	1
Сл Пожежевська	6-8.06.1997	108	06:00-06:00	48 год	1
Сл Плай	26-27.07.1997	107	06:00-06:00	24 год	1
М Берегово	7-9.07.1998	115	18:00-18:00	48 год	1

ГП Зняцево	28-29.07.1998	100	18:00-08:00	14 год	2
ГП Свалява	28-29.07.1998	102	18:00-18:00	24 год	
ГП Жорнава	4-5.08.1998	106	18:00-18:00	24 год	1
ГП Руська Мокра	28-30.10.1998	112	06:00-06:00	48 год	4
М Рахів	28-30.10.1998	101	18:00-06:00	36 год	
Сл Пожежевська	28-30.10.1998	111	18:00-06:00	36 год	
ГП Усть-Чорна	28-30.10.1998	113	18:00-06:00	36 год	
ГП Руська Мокра	3-4.11.1998	108	06:00-10:00	28 год	12
ГП Руська Мокра	4-5.11.1998	157	10:00-06:00	20 год	
ГП Усть-Чорна	3-4.11.1998	165	18:00-22:00	28 год	
ГП Підполоззя	3-5.11.1998	102	18:00-06:00	36 год	
ГП Свалява	3-5.11.1998	104	18:00-06:00	36 год	
М Міжгір'я	3-5.11.1998	180	18:00-06:00	36 год	
М Нижній Студений	3-5.11.1998	100	18:00-06:00	36 год	
МП Заломисько	3-5.11.1998	212	18:00-06:00	36 год	
МП Пилипець	3-5.11.1998	201	18:00-06:00	36 год	
МП Торунь	3-5.11.1998	158	18:00-06:00	36 год	
МП Лозянське	3-5.11.1998	159	18:00-06:00	36 год	
ГП Майдан	3-5.11.1998	149	18:00-06:00	36 год	
ГП Колочава	3-5.11.1998	172	18:00-06:00	36 год	
ГП Верхні Ремети	9-11.02.1999	101	18:00-06:00	36 год	1
ГП Верхні Ремети	13-14.07.1999	104	06:00-18:00	36 год	5
ГП Сімер	13-15.07.1999	105	18:00-06:00	36 год	
ГП Підполоззя	13-15.07.1999	111	18:00-18:00	48 год	
ГП Свалява	13-15.07.1999	128	18:00-18:00	48 год	
Сл Плай	13-15.07.1999	122	18:00-18:00	48 год	
МП Заломисько	26-27.12.2000	124	06:00-06:00	24 год	2
МП Пилипець	26-27.12.2000	111	06:00-06:00	24 год	
Сл Пожежевська	3-4.03.2001	113	06:00-18:00	36 год	20
Сл Пожежевська	4-5.03.2001	117	18:00-18:00	24 год	
МП Лозянське	3-4.03.2001	110	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	4-5.03.2001	102	18:00-18:00	24 год	
ГП Усть-Чорна	3-4.03.2001	152	06:00-18:00	36 год	
ГП Усть-Чорна	4-5.03.2001	104	18:00-18:00	24 год	
ГП Руська Мокра	3-4.03.2001	114	06:00-06:00	24 год	
ГП Руська Мокра	4-5.03.2001	168	06:00-18:00	36 год	
МП Торунь	4-5.03.2001	132	06:00-18:00	36 год	
М Хуст	3-5.03.2001	125	06:00-06:00	48 год	
МП Пилипець	3-5.03.2001	179	06:00-06:00	48 год	
МП Заломисько	3-5.03.2001	189	06:00-06:00	48 год	
ГП Майдан	3-5.03.2001	105	06:00-06:00	48 год	
ГП Підполоззя	3-5.03.2001	100	06:00-06:00	48 год	
ГП Свалява	3-5.03.2001	107	06:00-06:00	48 год	

ГП Довге	3-5.03.2001	154	06:00-06:00	48 год	
ГП Ясіня	3-5.03.2001	100	06:00-06:00	48 год	
ГП Тячів	3-5.03.2001	141	06:00-06:00	48 год	
М Рахів	3-5.03.2001	138	06:00-06:00	48 год	
М Міжгір'я	3-5.03.2001	139	18:00-18:00	48 год	
ГП Колочава	3-5.03.2001	169	18:00-18:00	48 год	
ГП Нересниця	3-5.03.2001	106	18:00-18:00	48 год	
ГП Луги	3-5.03.2001	102	18:00-18:00	48 год	
Сл Плай	3-5.03.2001	100	16:00-06:00	38 год	
М Міжгір'я	7-9.11.2001	101	18:00-18:00	48 год	8
Сл Плай	7-9.11.2001	106	18:00-18:00	48 год	
ГП Усть-Чорна	7-9.11.2001	131	18:00-18:00	48 год	
ГП Підполоззя	7-9.11.2001	104	18:00-18:00	48 год	
МП Торунь	8-9.11.2001	104	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	8-9.11.2001	112	06:00-18:00	36 год	
МП Заломисько	8-9.11.2001	175	06:00-18:00	36 год	
МП Пилипець	8-9.11.2001	162	06:00-18:00	36 год	
Сл Пожежевська	13-15.07.2003	124	06:00-06:00	48 год	1
М Рахів	17-19.11.2004	112	18:00-18:00	48 год	2
ГП Усть-Чорна	17-19.11.2004	101	18:00-18:00	48 год	
М Нижні Ворота	17-19.06.2006	108	06:00-06:00	48 год	1
МП Заломисько	24-25.01.2007	105	06:00-06:00	24 год	1
Сл Пожежевська	4-6.07.2007	106	18:00-18:00	48 год	1
М Рахів	29-1.02-03.2008	100	18:00-18:00	24 год	6
ГП Усть-Чорна	29-1.02-03.2008	118	18:00-18:00	24 год	
ГП Руська Мокра	29-1.02-03.2008	106	18:00-18:00	24 год	
ГП Колочава	1-2.03.2008	101	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	1-2.03.2008	126	06:00-18:00	36 год	
МП Заломисько	1-2.03.2008	151	06:00-18:00	36 год	
ГП Довге	7-9.07.2008	162	18:00-18:00	48 год	1
М Рахів	23-25.07.2008	100	06:00-06:00	48 год	3
Сл Пожежевська	23-25.07.2008	104	06:00-06:00	48 год	
Сл Пожежевська	25-27.07.2008	131	06:00-06:00	48 год	
ГП Ясіня	23-25.07.2008	114	06:00-06:00	48 год	
ГП Ясіня	25-27.07.2008	117	06:00-06:00	48 год	
ГП Чоп	8-9.08.2008	111	18:00-18:00	24 год	1
МП Заломисько	5-6.12.2008	123	06:00-18:00	36 год	1
ГП Верхні Ремети	23-24.06.2009	109	06:00-06:00	24 год	1
МП Заломисько	25-26.12.2009	106	06:00-06:00	24 год	1
Сл Плай	7.07.2010	110	00:30-00:00	23 год 30 хв	1
МП Заломисько	6-7.12.2010	112	06:00-18:00	36 год	8
МП Пилипець	7-8.12.2010	114	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	7-8.12.2010	118	06:00-18:00	36 год	

М Рахів	7-9.12.2010	100	08:30-00:30	40 год	
ГП Довге	7-9.12.2010	105	06:00-06:00	48 год	
ГП Руська Мокра	7-9.12.2010	145	06:00-06:00	48 год	
Сл Пожежевська	7-9.12.2010	112	18:00-18:00	48 год	
ГП Усть-Чорна	7-9.12.2010	155	18:00-18:00	48 год	
МП Заломисько	8-9.12.2010	137	06:00-18:00	36 год	
М Міжгір'я	3-5.12.2011	101	18:00-18:00	48 год	6
Сл Пожежевська	3-5.12.2011	120	18:00-18:00	48 год	
МП Заломисько	3-5.12.2011	128	18:00-18:00	48 год	
МП Лозянське	3-5.12.2011	100	18:00-18:00	48 год	
ГП Усть-Чорна	3-5.12.2011	144	18:00-18:00	48 год	
ГП Руська Мокра	3-5.12.2011	131	18:00-18:00	48 год	
МП Пилипець	16-17.12.2011	113	06:00-18:00	36 год	1
Сл Плай	5-6.11.2012	103	21:00-12:00	15 год	1
МП Пилипець	5-6.11.2013	107	06:00-18:00	36 год	1
Сл Плай	19-21.11.2015	106	18:00-18:00	48 год	12
МП Заломисько	19-21.11.2015	170	18:00-06:00	36 год	
МП Пилипець	19-21.11.2015	144	18:00-06:00	36 год	
ГП Усть-Чорна	19-21.11.2015	132	18:00-06:00	36 год	
ГП Руська Мокра	19-21.11.2015	174	18:00-18:00	48 год	
ГП Колочава	19-21.11.2015	115	18:00-18:00	48 год	
ГП Довге	19-21.11.2015	102	18:00-18:00	48 год	
М Рахів	20-21.11.2015	136	00:30-18:00	41 год 30 хв	
М Міжгір'я	20-21.11.2015	116	08:00-06:00	22 год	
МП Торунь	20-21.11.2015	117	06:00-06:00	24 год	
МП Лозянське	20-21.11.2015	147	06:00-18:00	36 год	
Сл Пожежевська	20-22.11.2015	154	06:00-06:00	48 год	
ГП Руська Мокра	10-12.01.2016	102	06:00-06:00	48 год	3
МП Заломисько	10-12.01.2016	122	06:00-06:00	48 год	
МП Пилипець	10-12.01.2016	111	06:00-06:00	48 год	
ГП Луги	26-27.06.2016	106	06:00-06:00	24 год	1
М Міжгір'я	5-7.11.2016	123	18:00-06:00	36 год	12
МП Заломисько	5-7.11.2016	181	18:00-06:00	36 год	
МП Пилипець	5-7.11.2016	187	18:00-06:00	36 год	
ГП Усть-Чорна	5-7.11.2016	125	18:00-18:00	48 год	
ГП Руська Мокра	5-7.11.2016	115	18:00-06:00	36 год	
ГП Довге	5-7.11.2016	102	18:00-06:00	36 год	
ГП Свалява	5-7.11.2016	106	18:00-06:00	36 год	
ГП Зарічево	5-7.11.2016	135	18:00-06:00	36 год	
Сл Плай	5-7.11.2016	119	19:00-06:00	35 год	
М Нижні Ворота	6-7.11.2016	101	02:00-18:00	40 год	
МП Лозянське	6-7.11.2016	114	06:00-18:00	36 год	
ГП Майдан	6-7.11.2016	126	06:00-18:00	36 год	

ГП Довге	2-4.02.2017	104	06:00-06:00	48 год	1
М Рахів	28-30.10.2017	100	18:00-18:00	48 год	1
ГП Усть-Чорна	14-16.12.2017	112	18:00-18:00	48 год	6
ГП Руська Мокра	14-16.12.2017	112	18:00-18:00	48 год	
МП Пилипець	15-16.12.2017	119	06:00-18:00	36 год	
МП Заломисько	15-16.12.2017	130	06:00-18:00	36 год	
МП Лозянське	15-16.12.2017	118	06:00-18:00	36 год	
М Міжгір'я	15-16.12.2017	101	06:00-18:00	36 год	
Сл Плай	21-23.05.2019	108	06:00-06:00	48 год	5
МП Заломисько	21-23.05.2019	145	06:00-06:00	48 год	
МП Пилипець	21-23.05.2019	142	06:00-06:00	48 год	
ГП Майдан	21-23.05.2019	105	06:00-06:00	48 год	
ГП Підполоззя	21-23.05.2019	119	06:00-06:00	48 год	
МП Пилипець	4-6.11.2019	111	06:00-06:00	48 год	1
Примітка: сильні тривалі дощі (СМЯ II) надзвичайні тривалі дощі (СМЯ III)					

ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1

Типи ЕЦМ при сильних опадах у Закарпатській області з 1990 по 2019 рр.

ЕЦМ	СМЯ ІІ, ІІІ	СМЯ ІІІ	дощ > 80 мм/12 год	СМЯ ІІІ, сніг	тривалі дощі
1	2	3	4	5	6
1а	0,7	0,0	0,0	2,2	0,0
1б	0,4	0,0	0,0	2,2	0,0
2а	0,8	0,0	0,0	0,0	3,1
2б	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2в	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
3	4,4	2,9	5,0	2,2	0,0
4а	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
4б	1,2	2,9	0,0	0,0	3,1
4в	0,6	0,0	0,0	0,0	1,5
5а	0,3	2,9	5,0	0,0	0,0
5б	0,3	1,5	0,0	0,0	1,5
5в	0,0	1,5	5,0	0,0	0,0
5г	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
6	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
7аз	0,3	0,0	0,0	0,0	1,5
7ал	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0
7бз	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
7бл	0,6	2,9	0,0	0,0	1,5
8а	3,1	4,4	5,0	0,0	1,5
8бз	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
8бл	1,2	0,0	0,0	0,0	1,5
8вз	0,7	0,0	0,0	0,0	1,5
8вл	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
8гз	1,7	5,9	5,0	11,1	1,5
8гл	0,6	2,9	0,0	0,0	0,0
9а	7,9	7,4	5,0	0,0	1,5
9б	2,1	0,0	0,0	0,0	1,5
10а	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
10б	2,0	2,9	5,0	0,0	1,5
11а	2,2	1,5	0,0	6,7	6,2
11б	0,4	1,5	0,0	0,0	0,0
11в	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
11г	1,1	1,5	0,0	0,0	1,5
12а	16,6	7,4	5,0	22,2	21,5
12бз	4,2	1,5	0,0	15,6	6,2

Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5	6
12бл	4,2	2,9	0,0	0,0	0,0
12вз	1,7	0,0	0,0	6,7	3,1
12вл	1,3	4,4	0,0	2,2	1,5
12г	1,9	2,9	0,0	6,7	6,2
13з	9,5	7,4	35,0	22,2	12,3
13л	21,2	27,9	25,0	2,2	18,5

ДОДАТОК 3

Список публікацій здобувача

Статті у періодичних наукових виданнях держав, які входять до
Європейського Союзу:

1. Семергей-Чумаченко А.Б., **Озимко Р.Р.** Динаміка виникнення стихійних опадів на території Закарпатської області з 1990 по 2019 рр. // International Academy Journal «Web of Scholar». 5(47), 2020, Р. 23-26. https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/31052020/7090.

Статті у наукових фахових виданнях України:

2. 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. DOI: 10.31481/uhmj.22.2018.03.

3. Семергей–Чумаченко А.Б., **Озимко Р.Р.** Сильні дощі та зливи у Закарпатській області як стихійні метеорологічні явища (1999-2018 рр.) // Український географічний журнал, 2019. № 4. С. 11-17. DOI: 10.15407/ugz2019.04.011.

Наукові статті в інших виданнях:

4. **Р.Р. Озимко**, А.Є. Золотарьов, В.М. Манівчук. Динаміка сильних дощів на території Закарпатської області на зламі століть // Праці ЦГО ім. Бориса Срезневського, 2020. № 16(30). С. 53-57.

Тези доповідей і матеріали конференцій:

5. А.Є. Золотарьов, **Р.Р. Озимко**. Стихійні опади на території Закарпатської області в теплий період року // Матеріали 70-ї конференції професорсько-викладацького складу УжНУ. 2016. – С. 123-130.

6. **Озимко Р.Р.**, Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Стихійні гідрометеорологічні явища на Закарпатті взимку 2016-2017 рр. // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – 2017. – С. 180.

7. М.В. Бобик, **Р.Р. Озимко**. Сильні снігопади на Закарпатті як небезпечні гідрометеорологічні явища [Текст] // «Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття» (м. Ужгород, 21-22 квітня 2017 р.). – Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2017.

8. **Озимко Р.Р.**, Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Сильні зимові опади на Закарпатті за період 2007-2016 рр. // Матеріали III міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2018. С. 183-184.

9. **Озимко Р.Р.**, Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Небезпечні погодні явища холодного півріччя на Закарпатті // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2018. С. 320-321.

10. Zubkovych Svetlana, Ivus Galina, Homenko Galina, Hurska Lydmila, **Ozymko Ruslan**. Quantity Assessment of winter fronts intensity over Ukraine // Baltic Earth Workshop on Multiple drivers for Earth system changes in the Baltic Sea region. Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia. 26-27 November 2018. International Baltic Earth Secretariat Publication. No 4. 58 pp.

11. **Озимко Р.Р.**, Семергей-Чумаченко А.Б. Стихійні метеорологічні явища над Закарпаттям // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2019. С. 256-257.

12. Мельничук В.П., **Озимко Р.Р.** Аналіз основних метеорологічних показників 2019 року міста Ужгород // Тези доповідей The 1st International

scientific and practical conference «Problems and Innovations in Science» Part 1 (May 4-5, 2020) Nika Publishing, London, Great Britain. 2020. V. 1. P. 265-271.

13. **Озимко Р.Р.**, Семергей-Чумаченко А.Б. Просторово-часовий розподіл сильних та стихійних опадів над Закарпаттям // Матеріали XIX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 296-297 URL: <http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Materiali-XIX-konferentsiyi-molodih-vchenih-25-29-travnya-2020.pdf>.