

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему «Режим опадів в Одесі за умов змін клімату»

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ- 6 з/ф
спеціальності 8.04010501 Метеорологія
Дерябіна Інна Олексіївна

Керівник проф., д.геогр. н.
Хохлов Валерій Миколайович

Рецензент проф., д.геогр. н.
Берлінський М.А.

Одеса - 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 8.04010501 Метеорологія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Івус Г.П

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дерябіна Інна Олексіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Режим опадів в Одесі за умов змін клімату

керівник роботи Хохлов Валерій Миколайович, проф. д.геогр. н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “16” січня 2017 року № 3с

2. Строк подання студентом роботи 1 червня 2017р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Добові суми опадів у м. Одеса за 1986-2016 рр.

2. Норма опадів для м. Одеси 1961-1990 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Розрахувати кліматичні індекси опадів для м. Одеса.

2. Визначити відхилення від норми опадів 2016 р. в м. Одеса.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Графіки кліматичних індексів опадів за 1986-2016 рр.

2.Крти аномальності опадів 2016р.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПОГОДНІ УМОВИ В МІСТІ ОДЕСА ТА ЇХ МІНЛИВІСТЬ НА ТЛІ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ	7
1.1 Клімат Одеської області.....	7
1.2 Кліматична характеристика м. Одеси.....	9
2. РЕЖИМ ОПАДІВ ТА ЇХ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ В УКРАЇНІ.....	11
2.1 Умови утворення опадів.....	11
2.2 Просторово-часовий розподіл опадів в Україні.....	20
2.3 Стихійні гідрометеорологічні явища, обумовлені опадами.....	24
2.4 Загальні відомості про зміни розподілу опадів у ХХ сторіччі.....	26
3. КЛІМАТИЧНІ ІНДЕКСИ	28
3.1 Аналіз основних кліматичних індексів зволоження за період з 1986 по 2016 роки в м. Одеса.....	30
4. МІЖСЕЗОННА МІНЛИВІСТЬ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ В ОДЕСІ.....	36
4.1 Загальні характеристики мінливості опадів в Україні.....	36
4.2 Повторюваність основних індексів зволоження в м. Одеса	40
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	44

Анотація

Тема: «Режим опадів в Одесі за умов змін клімату»

Автор: Дерябіна Інна Олексіївна

Актуальність визначається необхідністю визначення сучасних характеристик режиму опадів, на які впливають зміни клімату.

Метою даної роботи є виявлення частоти та повторюваності екстремальних проявів режиму зволоження вмісті Одеса протягом 1986-2016 рр. за даними кліматичних індексів.

Відповідно до поставленої мети було розв'язано такі **задачі:**

- розраховані кліматичні індекси, які базуються на добових сумах опадів;
- проаналізовано часовий розподіл кліматичних індексів протягом 1986-2016 рр.

Об'єкт дослідження – режим опадів в Одесі.

Предмет дослідження – часово-просторовий розподіл кліматичних індексів опадів.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, статистичні методи.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для Одеси:

- визначено часовий розподіл кліматичних індексів опадів в сучасну кліматичну епоху;
- показано ступінь аномальності 2016 року щодо кількості опадів.

Практичне значення отриманих результатів. Визначені особливості режиму опадів в Одесі можуть бути використані для довгострокового прогнозування наслідків змін клімату на економіку.

Магістерська робота в обсязі 43 сторінок складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 12 джерел, містить 15 рисунків.

Ключові слова: опади, клімат, кліматичні індекси.

ANNOTATION

Theme: «Precipitation conditions in Odessa under climate change»

Author: Dieriabina Inna

Actuality is determined by the necessity of determination of modern descriptions of the mode of precipitations the changes of climate influence on that.

The aim of this research is an exposure of frequency and repetition of extreme displays of the mode of moistening content Odesa during 1986-2016 from data of climatic indexes

In accordance with the goal such tasks were solved:
– calculated climatic indexes that are based on the daily allowance sums of precipitations;
– sentinel distribution of climatic indexes is analyzed during 1986-2016.

A research object is the mode of precipitations in Odesa.

The article of research is sentinel-spatial distribution of climatic indexes of precipitations.

Research methods are spatial temporal generalization of meteorological information, statistical methods.

Scientific novelty of the obtained results. In the research, the first for Odesa:
–sentinel distribution of climatic indexes of precipitations is certain in a modern climatic epoch;
–the degree of anomalousness of 2016 is shown in relation into the amount of precipitations.

Practical value of the obtained results.

The certain features of the mode of precipitations in Odesa can be used for long-term prognostication of consequences of changes of climate on an economy.

Master's research paper

in the quantity of 42 pages consists of 4 divisions, conclusions, list of references from 12 sources, contains 15 pictures.

Keywords: precipitations, climate, climatic indexes.

ВСТУП

Глобальна зміна клімату – одна з найгостріших екологічних проблем які стоять перед людством. Згідно прогнозів провідних міжнародних наукових центрів з дослідження клімату, протягом наступного століття температура підвищиться на 2-5 градусів за Цельсієм. Такі темпи глобального потепління спричинять серйозні кліматичні зміни і різні екосистеми опиняться під загрозою зникнення.[5]

Сьогодні можна зі впевненістю сказати, що значні кліматичні зміни вже відбуваються. Більше того, сучасні прогнози настання несприятливих метеорологічних явищ вказують на необхідність сприймати їх за норму сьогодення.

Найбільш помітним наслідком зміни клімату буде не поступове потепління, а “надзвичайні ситуації” такі як сильні засухи, повені, шторми, урагани, надзвичайно спекотні дні які відбуватимуться частіше.

Рівень світового океану підніметься й океанічні течії можуть істотно змінитись. Людство буде змушене зіткнутися з проблемами водопостачання та з деградацією сільськогосподарських земель та лісів.

Метою даної роботи є виявлення частоти та повторюваності екстремальних проявів режиму зволоження вмісті Одеса протягом 1986-2016 рр. за даними кліматичних індексів.

Об’єктом дослідження є режим опадів в Одесі.

Предмет дослідження – часово-просторовий розподіл кліматичних індексів опадів.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, статистичні методи.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань.

По вступу формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ містить в собі загальну інформацію про кліматичні умови в місті Одеса.

Другий розділ присвячений аналізу режиму опадів та їх просторово-часового розподілу в Україні.

Третій розділ складається з аналізу основних кліматичних індексів опадів в місті Одеса за 1986 – 2016рр.

Четвертий розділ містить в собі інформацію про міжсезонну мінливість кількості опадів в Одесі.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 12 літературних джерел.

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом д-ра. геогр. н., проф. Хохлова В.М.

1 ПОГОДНІ УМОВИ В МІСТІ ОДЕСА ТА ЇХ МІНЛИВІСТЬ НА ТЛІ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ

1.1 Клімат Одеської області

Одеська область розташована на крайньому південному заході України. На сході вона межує з Миколаївською, на півночі – з Кіровоградською і Вінницькою областями, на заході – з Молдовою та Придністров'ям і на південному заході по річці Дунай – з Румунією.

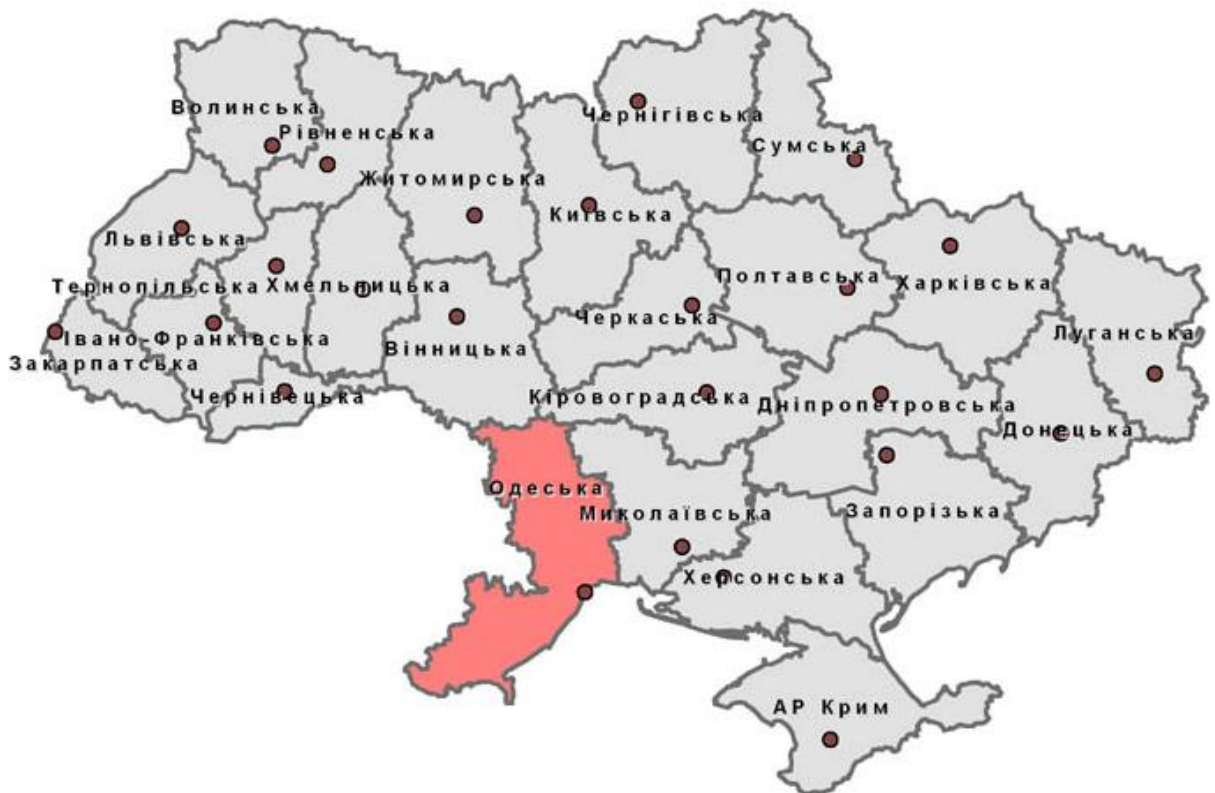


Рис. 1.1. Карта України [6]

Північна частина території Одеської області зайнята відрогами Подільської височини (висоти до 268м), яку перетинають численні яри та балки. Південна частина області лежить на Причорноморській низовині. На південному сході і на сході Одеська область омивається Чорним морем, для

узбережжя якого в цьому районі характерні численні лимани. Межиріччя Прута і Дністра досягає висоти 232м. Тут поверхня сильно розчленована яружно-балочною мережею.

Клімат Одеської області помірно-континентальний, що приймає і морські риси. Зима малосніжна, м'яка, з нестійкою погодою. Середня температура січня змінюється від -5°C на півночі області, до -2°C біля берега моря. При цьому можливе настання короткочасних морозів до -30°C . Для кінця зими характерні сильні вітри. Навесні погода зазвичай похмура і туманна, що пов'язано з охолоджуючим впливом Чорного моря. Літо сухе і жарке. Липень має середню температуру $+23^{\circ}\text{C}$. При цьому нерідко буває спека до $36-39^{\circ}\text{C}$. Осінь довга і тепла. Чорне море, як величезний акумулятор поступово віддає суші тепло накопичене за спекотне літо. Середньорічна температура змінюється від 8°C на півночі області, до 11°C на півдні. Річна сума опадів становить близько 400мм. Велика частина випадає у вигляді злив влітку. Тривалість сонячного сяйва становить 2200 годин за рік. Вегетаційний період триває від 170 до 210 днів. Взимку переважають південно-західні і північні вітри, влітку – північні і північно-західні. У південній частині області нерідкі засухи, суховії, пилові бурі

По території області протікає чимало річок. Північну її частину займають басейни Савранки і Кодими — правих приток Південного Бугу, який тече по границі між Одещиною і Кіровоградщиною. На південному сході протікає Дністер, який впадає в Дністровський лиман — велике водоймище площею в 360 кв. км, розташоване в межах області. На півдні — нижня течія Дунаю та його Кілійське гирло. На лівобережжі нижнього Дунаю і в долині між Кілійським гирлом та Дністровським лиманом є чимало озер, серед них прісноводні — Кагул, Ялпуг, Катлабух і Китай та солоні — Сасик (Кундук), Шагани, Алібей, Бурнас і Будацьке. У східній частині морського узбережжя, крім Дністровського лиману, який сполучається з морем, розташовані закриті солоні лимани — Хаджибейський, Куяльницький та інші, багаті на цілющі

грязі. Степи південної частини області перетинають зрошувальні канали, мережа яких стає дедалі густішою.

Біля узбережжя Чорного моря багато озер. Великі солоні озера це: Шагани, Сасик, Бурнас, Алібей. Прісноводні: Ялпуг, Кагул, Катлабух. Безпосередньо на узбережжі знаходяться численні лимани, відокремлені від моря черепашково-піщаними пересипами. Найбільші лимани: Дністровський, Хаджибейський, Куяльницький [9].

1.2 Кліматична характеристика м. Одеси

Одеса розташована на південно-західній околиці Причорноморської низовини, яка обривається крутим уступом до берегів Чорного моря. Середня висота степового плато складає приблизно 45-50 м.

Місто широкою полосою протягнулося вздовж Одеського побережжя на відстані 50 км від пос. Котовського на півночі до пос. Чорноморки на півдні. Площа міста приблизно дорівнює 150 км², в адміністративному відношенні воно поділене на сім районів. В межах прибережної зони спостерігається невелике зменшення висот плато по напрямку південь та південний захід. В південно-західному напрямі висота плато підвищується від Одеси до ст. Дачна приблизно в два рази. Таким чином по напрямку на північний захід висота плато збільшується в середньому на 2 м на кожний кілометр.

Рівнинний характер плато порушується ярами і балками, направленими своїми руслами до моря, до долини Хаджибейського лиману. Найбільш велика балка – Аркадійська. Самі низькі відмітки в Одесі зареєстровані в районі Пересипу – території давніх руслових та поймених частин лиманів, відділяючи Хаджибейський та Куяльницький лимани від Чорного моря.

Пересип розділяється ділянкою плато – Жеваховою горою, яка має ширину 1,5 км і рельєф з плоско-хвильовим характером: береговий вал висотою від 2 до 4 м над рівнем моря в сторону суші плоскі бугри

передуються зі зниженням, які нерідко лежать нижче рівня моря на 0,5-1,5 м. Прибережні ділянки плато знаходяться в зоні інтенсивних зсувних процесів.

По ландшафтній класифікації кліматів Л.С. Берга, клімат Одеси відноситься до клімату степів, для якого характерно переважанання літніх опадів, достатньо тепла зима і жарке літо. По класифікації кліматів М.І. Будико, заснованої на взаємозв'язку теплового і водного балансів підстильної поверхні, клімат Одеси також відноситься до степової зони.

На формування клімату головний вплив має море. Північно-західна частина Чорного моря в районі Одеси значно відмічається по своїй морфології, гідрології і гідрохімії від інших районів. Це найбільш мілководна і опріснена частина моря, в яку впадають головні ріки Чорноморського басейну: Дунай, Дністер, Південний Буг та Дніпро. Приток найбільшої кількості прісних вод обумовлює низьку солоність, значну стійкість шарів води і, в відміні від глибоководних районів, розвиток льодових явищ. Річний хід температури води характеризується чітко виражений мінімум у лютому, максимумом у серпні. За останні 25 років сама низька середньомісячна температура спостерігалась в лютому 1954-1956 рр. ($-0,8^{\circ}\text{C}$), сама висока в серпні 1946 р. ($23,7^{\circ}\text{C}$). При згоні в теплий час року температура у поверхні може різко знижуватись до $10,0^{\circ}\text{C}$, а в холодний час підвищуватись на $1,0 - 4,0^{\circ}\text{C}$ на протязі доби. Минуле явище спостерігається при взаємодії нагінних вітрів. Зміна вітру на згінний або нагінний вже через 2-3 години може визвати різке змінення температури [7].

2 РЕЖИМ ОПАДІВ ТА ЇХ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ В УКРАЇНІ

2.1 Умови утворення опадів

Краплі води і кристали льоду, які випадають з хмар на земну поверхню, називають опадами. Процес розвитку хмар та утворення опадів з якісної сторони можна розділити на дві стадії.

Опади, що випадають на земну поверхню насамперед можна розділити на тверді, рідкі та змішані.

До твердих опадів відносяться такі основні їхні форми:

1. Сніг – опади у вигляді кристалів (сніжинок) різноманітної форми, найчастіше у формі зірочок, які часто об'єднуються в пластівці великого розміру. Спостерігається велика різноманітність форм сніжинок: голки, стовпчики, пластинки; голчаті зірки; пластинчаті зірки; їжаки, які складаються з декількох стовпчиків; стовпчики з пластинками або зірками на кінцях тощо.

Розміри окремих сніжинок можуть бути дуже різними. Найбільші лінійні розміри мають голчаті зірки. Їхні радіуси можуть досягати 4-5 мм. У змішаних хмарах часто спостерігається обзернення сніжинок. Воно є результатом замерзання переохолоджених крапель при співударях з сніжинкою. Така частка має матовий відтінок. Пластівці снігу можуть мати різні розміри: від 0,5 мм до 5 см. Спостерігались пластівці з радіусом до 15-20 см.

Пластівці снігу – це часте явище. Вони спостерігаються у 14% випадків при слабких і в 92% випадків при сильних снігопадах. Утворенню снігових пластівців сприяють відносно висока температура повітря, велика густина снігопаду, великі відстані, що проходять сніжинки при падінні, та інші фактори.

2. Мокрий сніг – опади у вигляді сніжинок і крапель або сніжинок, які тануть. Сніг стає мокрим, коли поблизу від земної поверхні температура близька до 0°C або ще вищою.

3. Крупа – це опади, які складаються з льодяних часток і дуже обзернених сніжинок. Частинки крупи мають радіус від часток міліметрів до 7,5 мм. Крупа утворюється шляхом замерзання переохолоджених крапель води й обзернення сніжинок.

У залежності від співвідношення між сніговою та льодяною фракціями крупи, цей вид опадів підрозділяють на снігові зерна, снігову й льодяну крупу.

4. Град – частки кулястої форми з льодяними прошарками різної густини. Розміри граду можуть бути дуже різними: його радіус найчастіше буває від 1 до 25 мм. Але інколи випадають частки граду з радіусом до 15 см і навіть більшим. Великі частки граду мають шарувату будову. У центрі розташовується матове біле ядро, яке схоже на снігову крупу. Ядро обтягується шаром прозорого льоду. Далі йдуть поперемінно непрозорі й прозорі шари льоду.

Град утворюється в купчасто-дощових хмарах у результаті злиття переохолоджених крапель води з частками крупи й їх замерзання.

Рідкі опади складаються з таких форм:

1. Дощ – рідкі водяні опади у формі крапель з радіусом більшим 0,25 мм. Як показують спостереження, крапель більших ніж 2,5-3,2 мм, не зустрічається, оскільки великі краплі сплющуються й розбиваються на декілька дрібних. Переважні радіуси бризок дорівнюють 0,75-1 мм. Швидкість падіння крапель дощу досягає 8-10 м/с. Дощ випадає з шарувато-дощових (*Ns*) і купчасто-дощових (*Cb*), а іноді й з високошаруватих (*As*) хмар.

2. Мряка – однорідні опади, що складаються з дрібних крапель, радіусом, меншим за 0,25 мм. Вони майже не мають спрямованого руху. Створюється враження, що краплі мряки плавають у повітрі. Мряка випадає з

шаруватих (*St*) і шарувато-купчастих (*Sc*) хмар. Краплі мряки інколи утворюються в густому тумані. Інтенсивність опадів у випадку мряки не перевищує 0,25 мм/ч, швидкість падіння крапель у нерухомому повітрі менша за 0,3 м/с.

Класифікацію за формою називають морфологічною. Існує ще генетична класифікація опадів, тобто класифікація за фізичними умовами утворення. Відповідно до цієї класифікації опади підрозділяються на такі види:

1. Обложні опади – це тривалі й розповсюдженні на великі площі опади середньої інтенсивності, які випадають із хмар системи *As–Ns* у вигляді дощу або снігу, іноді мокрого.

2. Зливові опади – опади, які випадають з купчасто-дощових хмар у вигляді дощу, снігу, крупи, граду. Вони раптово починаються й закінчуються. Інтенсивність цих опадів різко змінюється за часом. Зливові опади часто супроводжуються грозами та шквалами.

3. Мрячні опади – це опади, які випадають з густих шаруватих і шарувато-купчастих хмар. Вони утворюються у стійко стратифікованих повітряних масах. При від’ємних низьких температурах такі хмари дають опади у формі льодяних кристалів.

Опади характеризуються двома величинами: кількістю й інтенсивністю. Кількість опадів вимірюють товщиною шару води в міліметрах, який міг би утворюватися після випадіння опадів на горизонтальну непроникливу поверхню. Один міліметр шару води на поверхні площею 1 м^2 відповідає масі опадів 1 кг. Інтенсивністю опадів називають кількість опадів, що випали за одиницю часу (наприклад, 1 годину) [1].

У початковій стадії розвитку хмари основну роль в укрупненні зародкових хмарних елементів відіграє процес конденсації водяної пари. Конденсація відбувається завдяки невеликому пересиченню водяної пари відносно поверхні хмарних крапель. Особливо швидко починається

зростання частинок у хмарі після того, як поряд з переохолодженими краплями з'являються й кристали льоду. За цих умов починається «перегонка» водяної пари з переохолоджених крапель на кристали льоду внаслідок того, що тиск насиченої водяної пари над водою більше, ніж над льодом. Цей процес докладно розглядався вище.

У другій стадії, після того, як краплі та кристали льоду зростають до $r = 20 \dots 60$ мкм, основну роль починає відігравати процес злиття (коагуляції) хмарних елементів. Коагуляція обумовлена головним чином різною швидкістю падіння крапель і кристалів (гравітаційна коагуляція). Деяке значення має коагуляція, що обумовлюється турбулентним і броунівським рухами повітря, електростатичними силами тощо. Завдяки коагуляції краплі й кристали зростають від десятків мікрометрів до декількох міліметрів, а снігові пластівці та частинки граду – до декількох сантиметрів. Краплі різних розмірів падають під дією сили ваги з різною швидкістю, в результаті чого вони співударяються. Але доки краплі дрібні, їх зіткнення та злиття мало імовірно. Зі зростанням крапель різниця швидкостей падіння збільшується, що забезпечує сприятливі умови для їх коагуляції.

Дуже велике значення для зростання хмарних елементів й утворення опадів мають вертикальні рухи у середині хмари. По-перше, при висхідних рухах відбувається зменшення температури повітря, що сприяє утворенню пересичення водяної пари та конденсаційному зростанню крапель у хмарі до розмірів, при яких активну роль починає відігравати коагуляція. По-друге, краплі під дією вертикальних течій проходять великі товщі хмари. Завдяки цьому вони зростають до великих розмірів за рахунок коагуляції.

Ще один процес може бути ефективним у хмарі, яка має велику вертикальну протяжність. Він полягає у тому, що краплі, які під дією вертикальних рухів попадають на деякий рівень з різних висот, мають різні температури. Ці різниці температур незначні (десяті частки градуса), але при відносно високих додатних температурах, що спостерігаються в низьких широтах, можуть відіграти помітну роль. Очевидно, різниці температур

приводять до виникнення різниці тисків насичення над поверхнями цих крапель і, якщо, наприклад, більш тепла крапля знаходиться у стані рівноваги з оточуючим пароповітряним середовищем, над поверхнею більш холодної краплі утворюється пересичення. Завдяки цьому відбувається «перегонка» води з теплої краплі на холодну. Фізичний механізм такого процесу є аналогічним фізичному механізму взаємодії між переохолодженою краплею й часткою льоду. Він докладно розглядався вище.

Для того, щоб з'явився ефект конденсаційного зростання більш холодної краплі, порівнянний до ефекту взаємодії рідкої фази з часткою льоду у хмарі, необхідно, щоб різниця температур, про яку йдеться, дорівнювала декільком градусам при низьких температурах і лише часткам градуса при високих додатних температурах. Оскільки великі різниці температур на визначних рівнях у хмарі не зустрічаються, цей ефект не може відігравати значну роль у помірних і високих широтах, де хмари мають, як правило, низьку температуру, й є суттєвим у низьких широтах, де нижня частина хмари знаходиться в області високих додатних температур.

Серед хмар вертикального розвитку викликають найбільший інтерес купчасто-дощові хмари, оскільки з ними пов'язані атмосферні явища, які в деяких випадках мають небезпечний характер: зливи, шквали, грози, град.

Купчасто-дощові хмари утворюються з могутньо-купчастих, коли їх вершини проникають у шари атмосфери, де температура набагато нижча від $0,0^{\circ}\text{C}$, й заледенівають. Заледенівша верхня частина купчасто-дощової хмари (*Cb*) може залишатися куполоподібною – *Cb calv* (лисе), але частіше з неї викидаються пучки перистих хмар у виді парасолі або на ковальні. Так виникають *Cb cap* (волосаті), різновидністю яких є купчасто-дощові з на ковальнею *Cb inc*.

Купчасто-дощові хмари складаються з однієї або декількох конвективних осередків. Конвективні осередки складається з області висхідного та компенсаційного низхідного потоків. У більшості купчасто-

дошових хмар конвективні осередки мають подібні структури і можуть розглядатись як клас конвективних явищ.

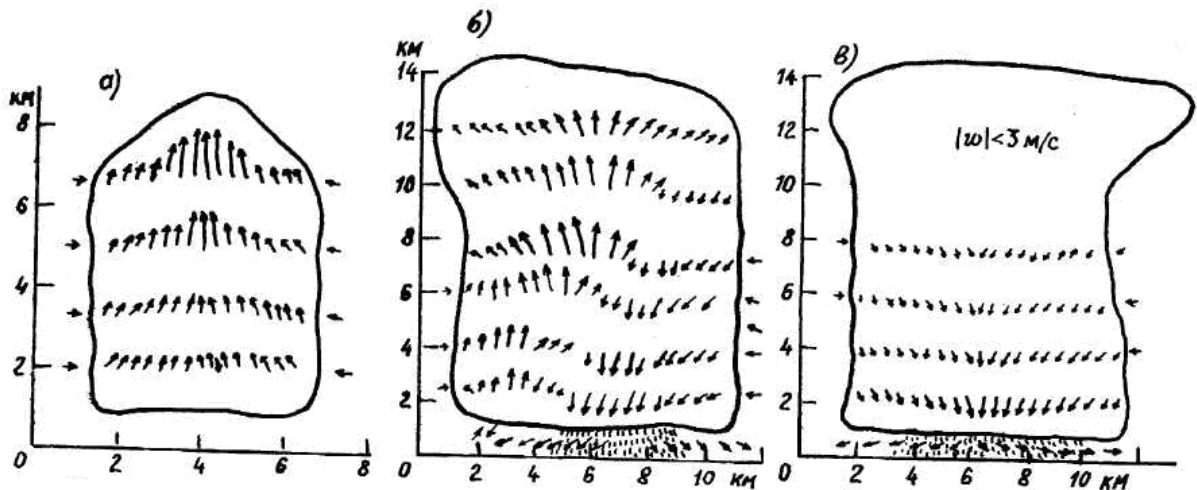
Життєвий цикл осередку поділяють на три стадії в залежності від переважних напрямків вертикального руху повітря та його інтенсивності.

1) стадія купчастої хмари – характеризується висхідними рухами в більшій частині осередку;

2) стадія зрілості – характеризується наявністю як висхідних, так і низхідних рухів;

3) стадія розпаду – характеризується слабкими низхідними рухами у більшій частині осередку. Ці стадії й відповідні різновидності купчасто-дошових хмар зображені на рис. 2.1

У стадії купчастої хмари, коли висхідні рухи чинять зростання хмари, через її бокові поверхні затягується повітря (ефект затягування, що розглядається вище) й змішується з повітрям у висхідному потоці. Оскільки рух вгору триває, відбувається концентрація великої кількості водяної пари й утворення крапель, а вище нульової ізотерми й кристалів. При відповідних умовах починають випадати опади, які стимулюють низхідні рухи, обумовлені в'язким опором повітря й охолодженням останнього при випаровуванні крапель. Це й є початком стадії зрілості хмари. Низхідний потік повітря досягає земної поверхні у виді відносно холодного ядра зони випадання дощу й розтікається над нею, змінюючи приземний напрямок вітру. На нижніх рівнях хмари низхідний потік напливає на висхідний і відтискує останній від області його зародження. Після цього починається стадія розпаду осередку. Загасання висхідного руху приводить до послаблення й поступового зникнення компенсаційних низхідних рухів.



а) стадія simulus (стадія зростання),

б) стадія зрілості,

в) стадія дисипації,

Рис. 2.1. Еволюція Св за Байерсом та Брейамом

Стадія купчастої хмари триває у середньому 10-15 хвилин, стадія зрілості – 15-30 хвилин, а розпад хмари відбувається протягом 30 хвилин.

Купчасто-дощову хмару, у якій спостерігається один конвективний осередок, називають одноосередковою. Але частіше хмари купчасто-дощові утримують декілька конвективних осередків. Такі Св називаються багатоосередковими. Окремі осередки послідовно розвиваються з правої сторони величезної хмарної системи, якою являють багатоосередковим Св. Незважаючи на те, що кожен осередок має обмежений життєвий цикл, багаторазовий розвиток нових приводить до тривалого існування Св. Схематичне зображення багатоосередкової купчасто-дощової хмари наводиться на рис. 2.2. В початковий момент часу хмара складається з чотирьох осередків, які знаходяться на різних стадіях розвитку. Крім того, на рис. 2.1 показується розвиток наймолодшого (південного) осередку в послідовні моменти часу й вертикальний профіль вітру.

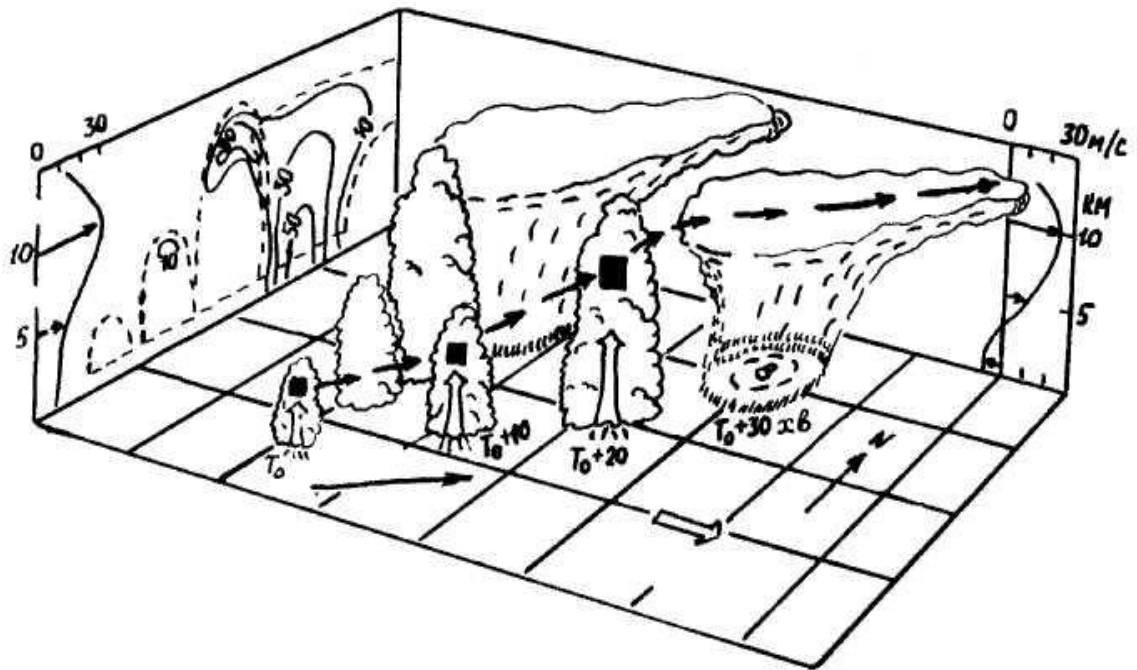
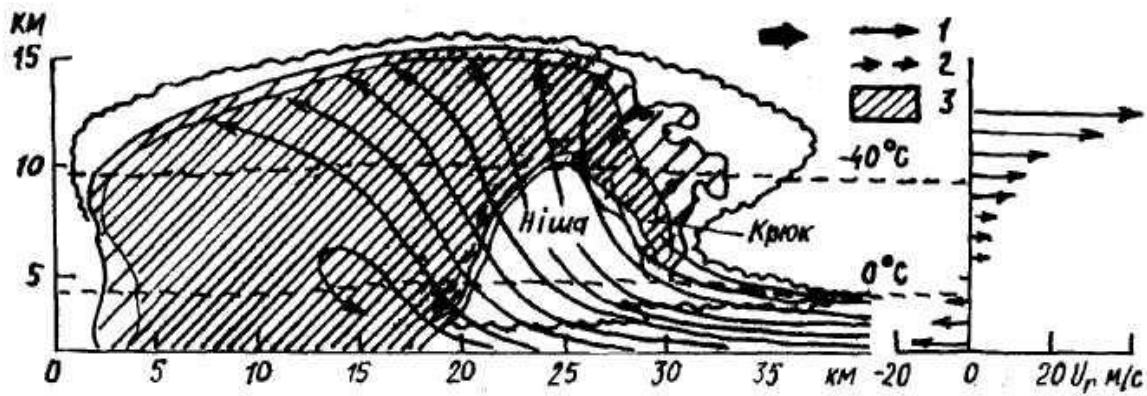


Рис. 2.2. Схематичне зображення багатоосередкової купчасто-дощової хмари

Надзвичайно могутніми є суперосередкові купчасто-дощові хмари. Вони мають й найбільшу тривалість існування, яка досягає декількох годин. Ці хмари складаються з одного квазістаціонарного конвективного осередку. Діаметр його інколи може досягати 10-15 км. Осередок об'єднує висхідний і низхідний потоки, які розташовуються один біля одного. На відміну від багатоосередкових купчасто-дощових хмар, у яких осередки швидко змінюють свої характеристики, в суперосередкових хмарах вони залишаються практично незмінними на протязі десятків хвилин.

Суперосередкові S_v характеризуються дуже великими швидкостями висхідних потоків. Якщо у одноосередкових і багатоосередкових хмарах вони досягають декількох м/с і іноді 10-20 м/с, то у суперосередковій хмарі 30-50 м/с і навіть більше. Вертикальний розріз через могутню суперосередкову хмару у напрямку переміщення S_v приводиться на рис. 2.3.



- 1 – лінії течій;
- 2 – траєкторії градин;
- 3 – область найбільш інтенсивної радіолуни;

Рис. 2.3. Вертикальний переріз могутньої суперосерdkової хмари у напрямку переміщення Св

У початковий момент часу хмара складається з чотирьох осередків, які знаходяться в різних стадіях розвитку. Показується розвиток найбільш молодого (південного) осередку у послідовні моменти часу. Жирними стрілками позначена траєкторія хмарного об'єму зростаючого осередку. Показується вертикальний переріз радіолуни у початковий момент часу, а також вертикальний профіль вітру. З суперосерdkовими хмарами пов'язані сильні зливи, катастрофічні градобиття, сильні грози, шквали (короткочасне посилення вітру з різким змінням напрямку), а іноді й смерчі.

При переміщенні суперосерdkової купчасто-дощової хмари висхідний потік, який зображується на нижніх рівнях, підіймається в область, яку називають нішею. Він настільки сильний, що в області ніші краплі й кристали не встигають вирости до розмірів, при яких вони могли б випадати, а виносяться в передній виступ на ковальні. Падаючи донизу, вони знову затягуються у середину висхідного потоку. Така багаторазова «рециркуляція» часток опадів є основним механізмом, який сприяє утворенню в суперосерdkової Св особливо великих градин.

Треба мати на увазі, що купчасто-дощові хмари в процесі їх розвитку можуть переходити з одного класу в інший. Але утворення в атмосфері багатоосередкових C_v , як правило, відбувається при менших запасах енергії нестійкості й менших градієнтах швидкості вітру, ніж при утворенні більш могутніх різновидностей C_v . Чітких розбіжностей у зовнішніх фізичних станах повітря, сприяючих формуванню багатоосередкових і суперосередкових C_v , не спостерігається. В обох випадках необхідні великі запаси енергії нестійкості й вертикальні градієнти швидкості вітру у тропосфері.

Горизонтальні розміри C_v можуть бути різними в залежності від пори року, стану атмосфери й стадії розвитку. Іноді їх діаметр перевищує 50-70 км, а на ковальні можуть закривати весь видимий горизонт. Розміри C_v максимальні в літку. Зимою в континентальних районах помірних і високих широт вони утворюються рідко. Середня вертикальна протяжність C_v влітку дорівнює 5-6 км, але часто перевищує 8-10 км. В останньому випадку вершини C_v досягають тропопаузи, а іноді навіть пробивають її [8].

2.2 Просторово-часовий розподіл опадів в Україні

Опади відносяться до важливої характеристики зволоження. На земній кулі річна кількість опадів дорівнює випаровуванню і становить 1130 мм. Вони є головним джерелом поновлення водних запасів і вологи у ґрунті.

Випадання опадів тісно пов'язане з вологообігом. Останній зазвичай характеризується коефіцієнтом вологообігу, який представляє собою відношення загальної кількості опадів, що випали на даній території, до кількості опадів, що утворилися з водяної пари, яка надходить ззовні. Для України він становить 1,0 - 1,1, тобто тут опади в основному адвективні і лише близько 3 - 4 % їх утворюється з водяної пари місцевого походження .

Утворення і випадання опадів в Україні — наслідок складних макроциркуляційних процесів, що визначають тепло і вологообмін в

атмосфері. Суть цих процесів полягає у перенесенні на значну відстань тепла і вологи з Атлантики і Середземного моря, а також розвитку під впливом циклонічної діяльності крупномасштабних вертикальних рухів, що призводять до піднімання вологи у тропосфері.

Перенесення повітряних мас тісно пов'язане з циклонічною діяльністю. Основна кількість опадів випадає з фронтальних хмар. Зимою випадання їх найчастіше пов'язано з Середземноморськими циклонами, що переміщуються з Чорного моря у північному та північно-східному напрямках. Вплив Середземноморських циклонів відмічається майже на всій території країни. Більшість Атлантичних циклонів переміщуються північніше і рухаються за зональними траєкторіями із заходу на схід. Південні ділянки фронтів цих циклонів охоплюють всю Україну і зволожують її.

Влітку лише невелика частина опадів випадає у тилу циклонів безпосередньо з морських повітряних мас у вигляді так званих опадів конвективної нестійкості. Важливе значення мають опади із тропічного повітря. Останнє, переміщуючись з південного сходу через південну і південно-західну периферію антициклону, зволожується і, зустрічаючись з полярним повітрям, дає велику кількість опадів зливового характеру.

Певну роль у збільшенні літніх опадів має місцевий циклогенез. На східноєвропейській гілці полярного фронту виникають циклони, що супроводжуються випаданням опадів з континентального повітря.

Опади у різних районах України істотно відрізняються за кількістю, характером розподілу, річним ходом, інтенсивністю, тривалістю і т. ін. Географічне положення та рельєф Українських Карпат і Криму створюють особливі умови формування опадів.

Основною закономірністю просторового розподілу опадів в Україні, зумовленою загальними циркуляційними факторами, є їх зменшення з півночі і північного заходу у напрямі на південь і південний схід. Такий розподіл властивий для рівнинної території. Рельєф, що визначає регіональні особливості циркуляції, вносить істотні зміни у поле опадів. У гірських

районах виникає вимушене упорядковане піднімання повітряних потоків, що сприяє посиленню термічної і динамічної турбулентності, розвитку циклогенезу. Тому найбільша кількість опадів випадає в Українських Карпатах і Кримських горах. Вплив Донецької, Волинської, Подільської, Придніпровської і Приазовської височин не істотний внаслідок їх незначної висоти.

Перезволоження (650 - 700мм) спостерігається у північно-західній частині, включаючи передгір'я Українських Карпат. У Лісостепу кількість опадів за рік становить 550 - 650мм, на північному сході, у басейні Десни - 600мм, на межі між Лісостепом і Степом — 500мм. Під впливом височин відбувається деякий перерозподіл опадів. На навітряних західних і південних схилах височин випадає на 15 - 20 % опадів більше, а на підвітряних схилах їх кількість зменшується на 25 % порівнянне з прилеглою місцевістю. Південна частина Степу (Одеська, Миколаївська, Херсонська області і рівнинна частина Криму) відноситься до районів недостатнього зволоження. Тут відмічається зменшення опадів у напрямі на південь. На узбережжях Чорного і Азовського морів, у Присивашші опадів випадає ще менше (380 - 400мм), що пов'язано з впливом бризової циркуляції.

Розподіл опадів в окремі роки на території країни може відрізнитися від середнього (рис. 3.8.2). Так, у 1975 р. спостерігався істотний недобір опадів (20 -30 %), який негативно вплинув на сільськогосподарське виробництво. У 1978 р. кількість опадів була вище норми. У Лісостепу перевищення дорівнювало близько 20 %, у південних і південно-східних районах — 20 - 25 %, на півночі та заході відхилення кількості опадів від норми було незначним (близько 10 %).

Залежно від виду атмосферних опадів рік прийнято розділяти на два періоди: холодний (листопад-березень), коли поряд з твердими опадами можуть випадати й рідкі; теплий (квітень-жовтень) — з переважанням рідких опадів. У холодний період випадає 20 - 25, у теплий 75 - 80 % річної кількості опадів.

У холодний період кількість опадів на переважній частині території становить 200 - 220мм, на Донецькій височині — 250мм. У теплий період розподіл опадів подібний до річного розподілу. Кількість опадів зменшується з північного заходу на південний схід від 450 до 300мм і менше, тобто більш ніж удвічі. На узбережжях морів кількість опадів зменшується до 230мм.

Річний хід опадів має свої особливості. На окремих станціях він відрізняється за значеннями максимуму та мінімуму, за амплітудою коливання та мінливістю у межах року.

У січні та лютому повсюдно випадає найменша кількість опадів (від 30 до 40мм). На Донецькій височині, а також на Поліссі місячна кількість опадів перевищує 45мм. Починаючи з березня кількість опадів поступово збільшується майже до липня. У червні - липні повсюдно випадає максимальна за рік кількість опадів. На Поліссі кількість опадів у червні перевищує 75мм, місцями досягає 100мм, на решті території вона становить 60 - 70мм, у південному Степу і на узбережжях морів — 40 - 50мм.

На Поліссі на липень припадає річний максимум опадів (понад 85мм). У серпні також випадає значна кількість опадів. На решті території відмічається їх зниження: у Степу — до 50мм, іноді до 40мм.

Вересень і жовтень — найсухіші місяці теплого періоду. На Поліссі у вересні випадає 45 - 55мм, у Лісостепу — від 40 до 50мм, на більшій частині Степу — від 30 до 40мм, у південному Степу і на узбережжях морів — близько 20мм. У листопаді та грудні кількість опадів збільшується порівняно з вереснем і жовтнем.

Отже, в Україні спостерігається континентальний тип річного ходу опадів, за якого кількість опадів теплого періоду втричі перевищує кількість опадів холодного періоду. Такий розподіл опадів найбільш виражений на височинах і у північних та північно-західних районах. Амплітуда річного ходу опадів тут становить понад 50мм. У Степу річний хід опадів рівномірніший, особливо на узбережжях морів, де амплітуда зменшується до

25мм. В окремі роки найбільша і найменша кількість опадів може зміщуватися на інші місяці.

Найбільша місячна кількість опадів, що відмічалась в Україні, перевищує середні значення вдвічі -втричі. На переважній частині території вони змінюються від 65 до 260мм залежно від сезону року.

Найменша кількість опадів за місяць становить 0 - 10мм, значення середнього квадратичного відхилення в окремі місяці дорівнює — 13 - 40мм. Зі збільшенням кількості опадів збільшується і їх мінливість. Найбільшою мінливістю характеризуються опади літнього і осіннього сезонів [11].

2.3 Стихійні гідрометеорологічні явища, обумовлені опадами

Небезпечні стихійні метеорологічні явища, які обумовлюють природні надзвичайні ситуації (НС):

- дуже сильний дощ, дуже сильні опади (дощ із снігом) – кількість опадів 50мм і більше за 12 год і менше; в гірських, селевих, лавино- та зливонебезпечних районах – 30мм і більше за 12 год і менше;

- сильні зливи – кількість опадів 30мм і більше за 1 год і менше.

Випадіння сильних дощів характеризується великою плямистістю. У 63% випадків вони спостерігаються на території однієї області і у 27% - на території 2...4 областей. Сильні дощі мають яскраво виражений річний хід: найбільша їх повторюваність (біля 70%) припадає на червень-серпень. У гірських районах сильні дощі можуть викликати підйом ґрунтових вод і рівня води в ріках та водосховищах. Не слід забувати, що сильний дощ звичайно випадає при сильних грозах, які супроводжуються градом, шквалами та іноді смерчами.

Тривалі дощі – кількість опадів 100мм і більше за 1-3 доби (за винятком зливових районів) – також спричиняють значні неприємності, тим більше, що вони охоплюють територію декількох областей одночасно.

Дуже сильні снігопади – кількість опадів 20мм і більше за 12 год і менше віднесені до категорії СГЯ, однак такі снігопади можуть продовжуватися безперервно добу і більше. На території України вони спостерігаються в період з жовтня по квітень при середньодобовій температурі повітря 0...-4 °С, хоча у високогірній частині Українських Карпат та північно-східних областях це значення може знижуватися до -15...-17 °С. Сильні снігопади випадають в окремих областях з різною повторюваністю: найчастіше (до 80%) утворюються в Українських Карпатах; трохи рідше (42%) – в Київській, Кіровоградській областях та АР Крим. Насамперед, сильні снігопади пов'язані з виходом південних циклонів із Середземного моря чи Балканського півострова і переміщенням циклонів із заходу (особливо при проходженні холодного фронту з хвилястими збуреннями).

Сильна ожеледь (діаметр відкладень на проводах стандартного ожеледного станка 20мм і більше) та сильні складні відкладення (діаметр 35мм і більше). Відкладення сильної ожеледі відбувається головним чином при адвекції теплого, вологого повітря, що зумовлено переміщенням циклонічних утворень з системою фронтів. Найбільша повторюваність ожеледі характерна Кримським горам, Донецькому кряжу, а також Волинській, Приазовській та Подільській височинам. Сильна ожеледь веде до аварійних ситуацій на всіх видах транспорту, пошкоджує лінії зв'язку та електропередач.

Обледеніння наземних предметів та рослинності звичайно спостерігається у зоні холодного фронту при випадінні переохолодженого дощу або замерзанні мокрого снігу, який випав перед різким похолоданням. Зони обледеніння головним чином розміщуються вздовж ліній фронту, займають чималу площину і становлять велику небезпеку. Інколи обледеніння можливе при наявності слабкої, майже непомітної мряки, або при великій вологості і мінусовій температурі повітря.

Селі – грязьові або грязьово-кам'яні потоки, що зненацька виникають в руслах гірських річок. Селеві процеси розвиваються в гірських частинах Карпат і Криму. Біля 30 міст, селищ та сільських населених пунктів АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей піддані впливу селевих потоків. Всього в Карпатах виявлено 219 селевих басейнів. Найбільшою активністю характеризуються басейни річок Черемошу, Дністра, Тиси, Прута. Масовий схід селевих потоків призводить до руйнування та занесення селевими відкладами будівель, споруд, транспортних магістралей.

Снігові лавини – снігові обвали з крутих схилів гір. В лютому-березні та в період відлиг райони хребтів Горгани, Полонинський, Чорногори є лавинонебезпечними з обсягом снігових лавин до 300 тис. куб. м. Лавини викликають засипання снігом транспортних магістралей, руйнування будинків, ліній [10].

2.4 Загальні відомості про зміни розподілу опадів у ХХ сторіччі

Сьогодні факт глобального потепління не викликає сумнівів і вважається експериментально доведеним: зростання у глобальному масштабі температури повітря та океанів, зменшення площі морського льоду, підвищення рівня Світового океану внаслідок збільшення концентрації парникових газів підтверджено довготривалими інструментальними вимірюваннями. У зв'язку з цим активніше розвиваються методи прогнозування змін глобального клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів [1].

Дослідження змін кількості опадів в ХХ столітті показують, що в тропічній зоні в період з середини 1970-х до середини 1990-х років збільшення кількості опадів спостерігалось лише протягом останнього десятиріччя вказаного періоду. А довгострокові тенденції в період 1901–2008

рр. в тропіках не демонструють істотних змін у розподілі опадів для всіх наборів даних, що використовувались в дослідженні. В середніх широтах Північної півкулі спостерігалось збільшення кількості опадів в період з 1901 р. по 2008 р. Для менш тривалих періодів (1951–2008 рр.) тенденції також є позитивними. У високих широтах Північної півкулі також встановлені тренди на збільшення кількості опадів. Таким чином, в середньому в Північній півкулі всі бази даних демонструють ймовірне загальне збільшення опадів. Ці результати широтних змін в цілому узгоджуються глобальними даними супутникових спостережень та наземних вимірювань. Виконаний аналіз просторової мінливості опадів з використанням певного набору глобальних баз даних показав, що у цілому статистично значуще збільшення опадів зафіксовано у східній та північно-західній частині Північної Америки, у деяких районах Європи та Росії, на півдні Австралії. З іншого боку, в більшості регіонів Африки та Середземномор'я спостерігаються тренди на зменшення опадів [2].

Проте вплив змін клімату на мінливість опадів в основному проявляється у збільшенні частоти та інтенсивності кліматичних аномалій і екстремальних явищ погоди. Ймовірно, що приблизно з 1950 р. кількість випадків випадіння сильних опадів над сушею в більшості регіонів світу зросла. Насамперед, це стосується Північної Америки та Європи, де спостерігалось збільшення або частоти, або інтенсивності сильних опадів з певними сезонними та регіональними коливаннями [12].

3. КЛІМАТИЧНІ ІНДЕКСИ

В сучасній кліматології для виявлення змін у середніх та екстремальних значеннях широко застосовують спеціальні кліматичні індекси. Найбільш поширеними та рекомендованими Всесвітньою програмою з дослідження клімату (The World Climate Research Programme WCRP) є 26 індексів, розроблених групою експертів ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices). Ще 35 індексів було запропоновано для Європи в проекті FP-6 Millennium (Європейський клімат останнього тисячоліття).

Умовно всі кліматичні індекси можна поділити на прості, які розраховуються за одним параметром, і складні або комплексні, для розрахунків яких використовуються кілька характеристик. Також серед простих можна виділити індекси спеки, холоду, тиску, вітрового режиму, снігового покриву, режиму зволоження, посухи, хмарності та інші. Як правило, розраховуються кліматичні індекси за добовими середніми та екстремальними даними, а використовуються місячні або річні величини, усереднені за кілька десятиліть, або їх багаторічний хід [3].

Далі будуть представлені деякі із даних індексів.

Індекс CDD (consecutive dry days) – максимальна тривалість посушливого періоду з опадами < 1 мм.

$$RR_{ij} < 1 \text{ мм} \quad (3.1)$$

Індекс CWD (consecutive wet days) – максимальна тривалість дощового періоду з опадами > 1 мм

$$RR_{ij} \geq 1 \text{ мм} \quad (3.2)$$

Індекс RR (precipitation sum) – річна кількість опадів в міліметрах.

$$RR_{ij} = \sum_{i=1}^j RR_{ij} \quad (3.3)$$

Індекс SDII – показчик добової інтенсивності опадів в міліметрах за день.

$$SDII_j = \sum_{w=1}^w RR_{wj} / W \quad (3.4)$$

Індекс R10mm (heavy precipitation days) – кількість днів з опадами, більшими за 10 мм.

$$RR_{ij} \geq 10 \text{ mm} \quad (3.5)$$

Індекс R20mm (very heavy precipitation days) – кількість днів з опадами, більшими за 20 мм.

$$RR_{ij} \geq 20 \text{ mm} \quad (3.6)$$

Індекс RX1day (highest 1-day precipitation amount) – максимальна кількість опадів за 1 день.

$$RX1day_j = (\max RR_{ij}) \quad (3.7)$$

Індекс RX5day (highest 5-day precipitation amount) – максимальна кількість опадів за 5 днів.

$$RX5day_j = (\max RR_{kj}) \quad (3.8)$$

3.1 Аналіз основних кліматичних індексів зволоження за період з 1986 по 2016 роки в м. Одеса

Тривалість посушливого періоду в Одесі впродовж 30 років змінювалася нерівномірно (рис. 3.1). До 2000 року тривалість таких періодів коливалася в межах 30 - 40 днів, лише в 1992 році їхня кількість зменшилася до 22 днів. Найпосушливішим за весь досліджуваний період був 2001 рік, коли тривалість періоду з опадами меншими за 1мм складала 61 день. З 2001 по 2016 рік відмічалася ще три максимуми в 2002, 2005 та 2011 роках де тривалість посушливого періоду складала 46, 54 та 49 днів відповідно. А з 2012 по 2016 рік кількість днів з опадами меншими за 1мм зменшилася і варіювалася в межах 30 днів.

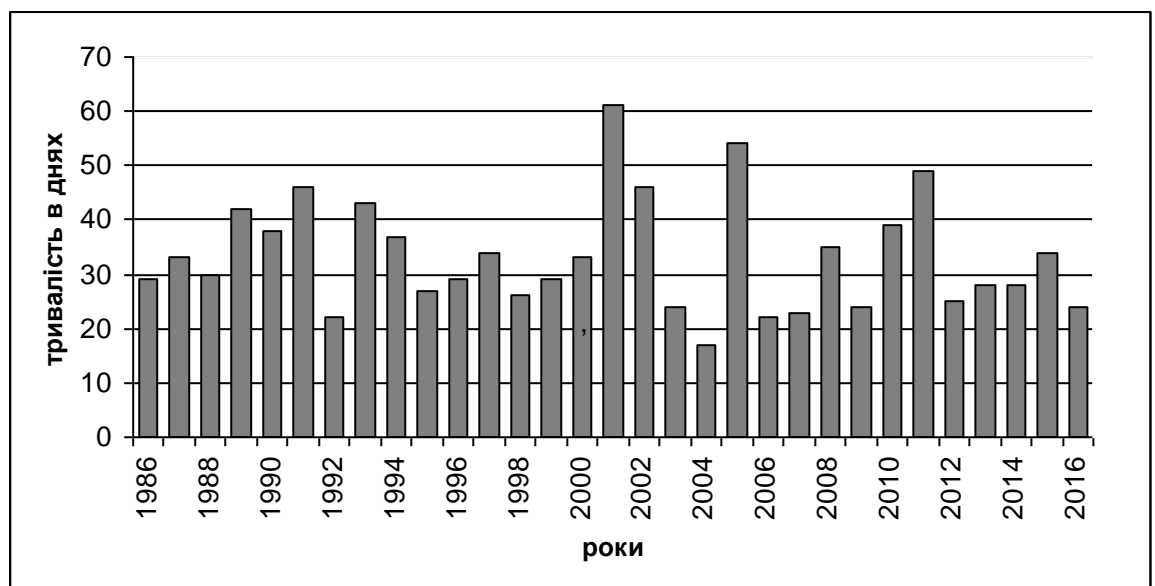


Рис. 3.1. Максимальна тривалість посушливого періоду з опадами < 1мм (індекс CDD)

Кількість днів з опадами, більшими за 1мм. за тридцятирічний період в Одесі ділиться на два періоди з чітко вираженими максимумами (рис.3.2). Це періоди з 1987 по 1992 рр. та з 2006 по 2011 рр. Максимальне значення даного індексу за період дослідження складало 7 днів і спостерігалось в 1987, 2006 та 2010 роках. З 2012 по 2016 рік кількість таких днів складала 4, окрім

2015, коли його значення збільшилося до 5. Мінімальна тривалість дощового періоду відмічалася в 1993 та 2000 роках і складала 3 дні.

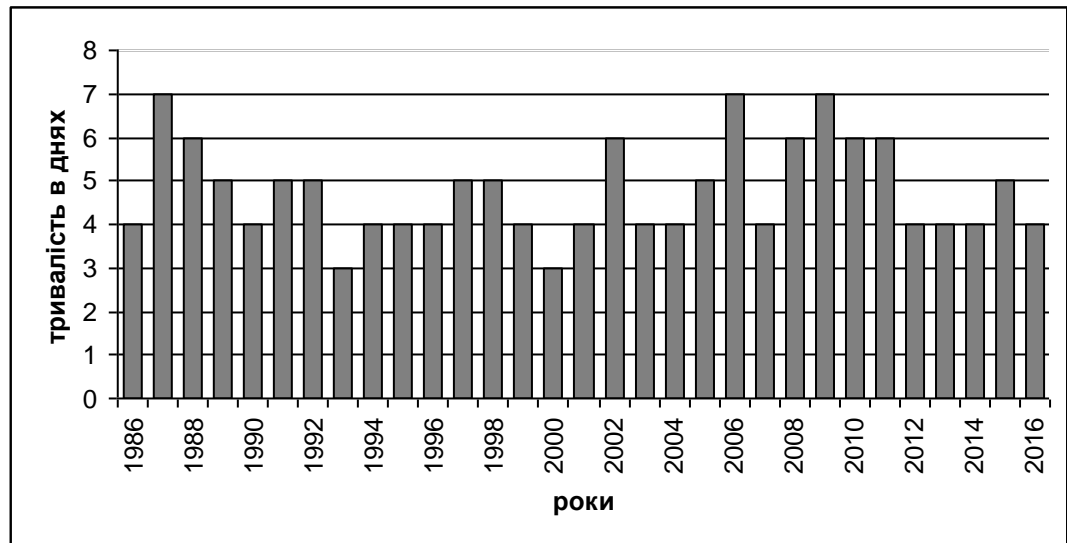


Рис. 3.2. Максимальна тривалість дощового періоду з опадами > 1мм (індекс CWD)

Протягом 30 років кількість днів з опадами більшими за 10мм. в Одесі змінювалися досить рівномірно (рис. 3.3). Присутні чітко виражені максимуми в кожному десятиріччі в 1988, 1997 та 2010 роках, де їхня тривалість складає 20, 22 та 25 днів відповідно. Мінімальна кількість днів з такими опадами спостерігалася в 1989 році і тривала 6 днів. Загальний тренд направлений в сторону збільшення кількості днів з опадами, більшими за 10 мм.

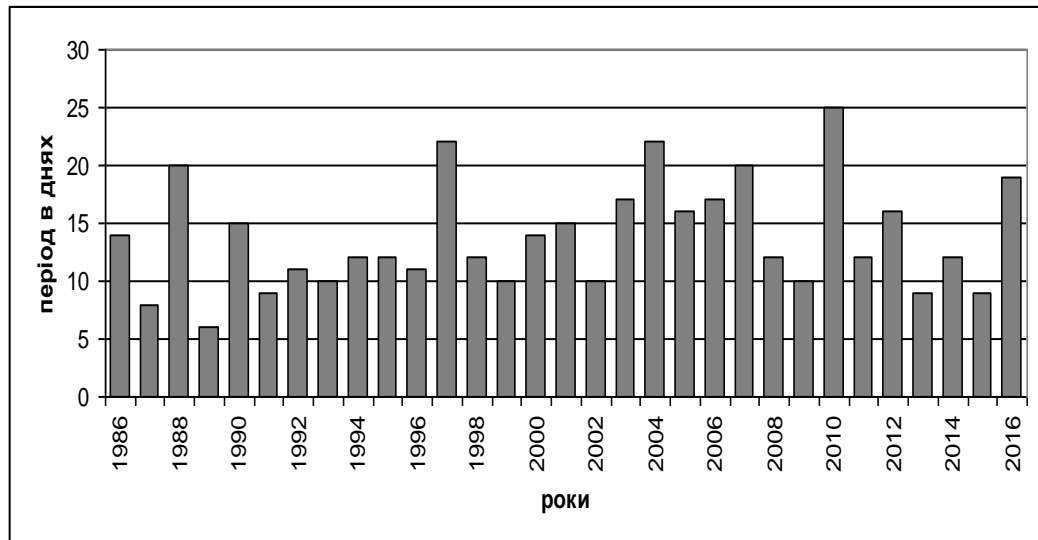


Рис. 3. 3. Кількість днів з опадами, більшими за 10 мм.
(індекс R10mm)

В період з 1986 по 1996 рік кількість днів з опадами, більшими за 20мм. була меншою ніж в інші два десятиріччя (рис. 3.4). Присутній лише один значний максимум, що становить 8 днів, а решта значень змінюються від 2 до 4 днів. З 1997 по 2006 рік значення даного індексу відчутно збільшилося. Спостерігається три максимуми в 1997, 2000 та 2002 роках, їх значення складає 8, 7 та 7 днів відповідно. Мінімальне значення спостерігалось в 2001 році і воно становило 3 дні. У всі інші роки даного десятиріччя значення індексу коливалося від 4 до 5 днів.

За останнє десятиріччя кількість днів з опадами, більшими за 20мм. продовжує зростати. Їхній максимум відзначався в 2010 році і склав 11 днів, ще один вагомий максимум спостерігався в 2016 році і становив 10 днів. В період з 2007 по 2016 рік також відмічався один мінімум в 2013 році, коли кількість днів з опадами, більшими за 20мм. складала 2 дні.

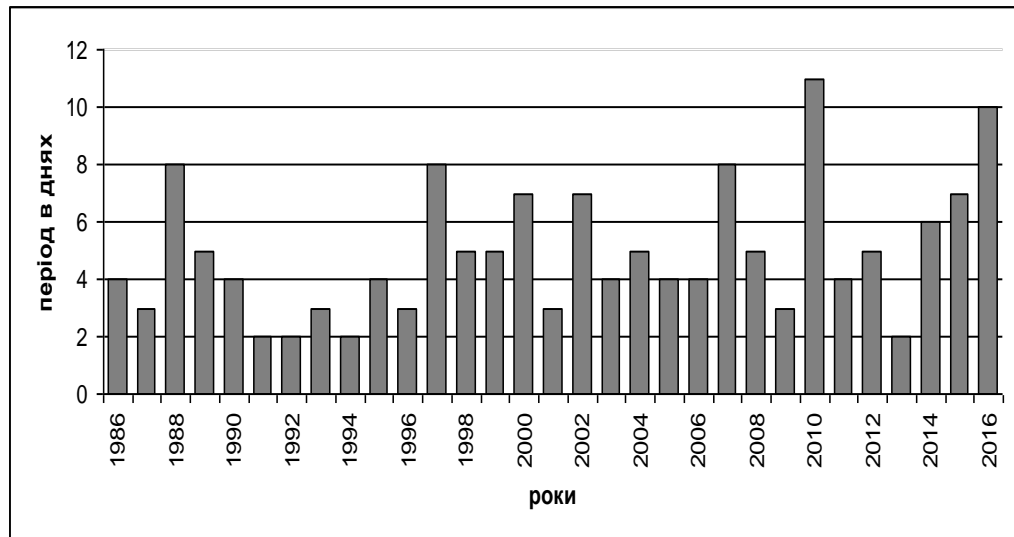


Рис. 3.4. Кількість днів з опадами, більшими за 20 мм.
(індекс R20mm)

За весь період дослідження максимальною річна кількість опадів була в 1988, 1997, 2010 та 2016 і вона складала 642,3мм, 674мм, 746,9мм та 751,6мм відповідно(рис.3.5). Що свідчить про збільшення кількості опадів за останнє десятиріччя. Мінімум опадів випало в 1989 році – 310, 2мм. Найбільш однорідним за кількістю опадів було десятиріччя 1998 -2007 рр., де їх кількість коливалася від 397,6мм до 595,6мм.

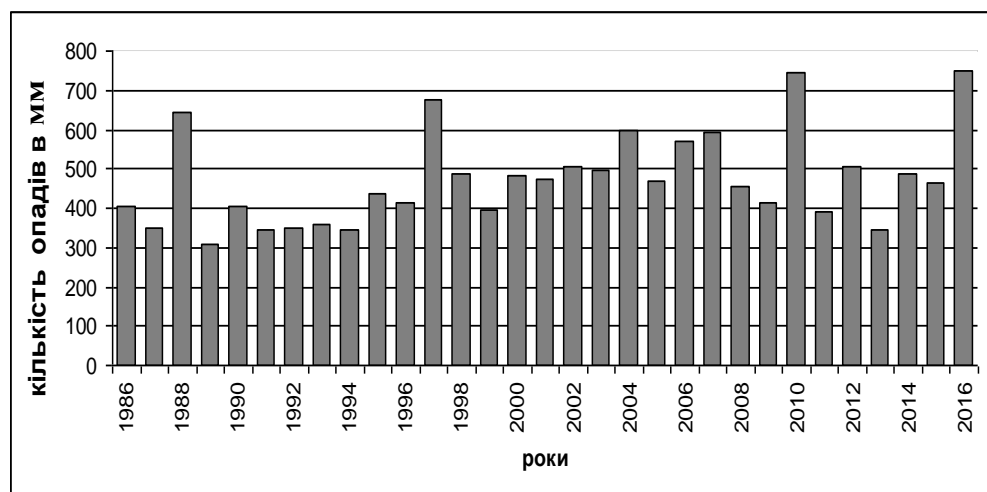


Рис. 3.5. Річна кількість опадів в міліметрах (індекс RR)

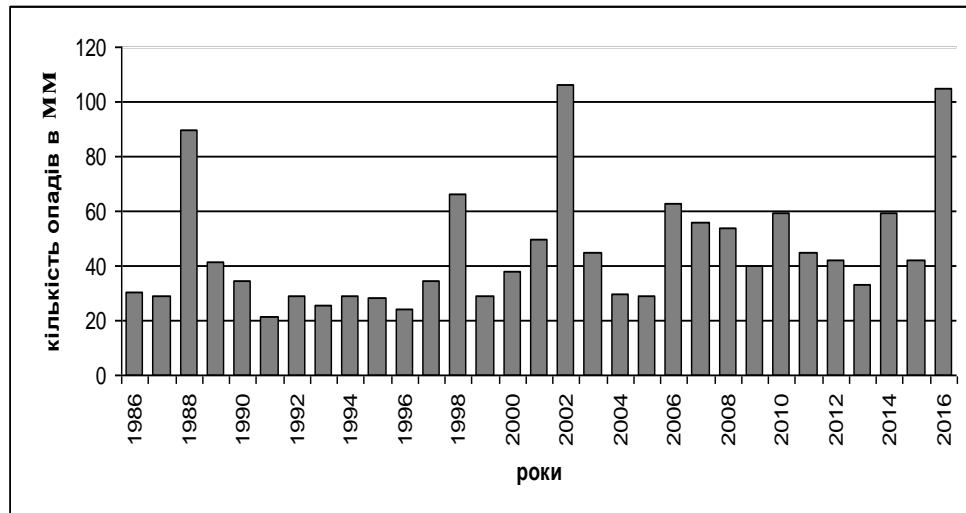


Рис. 3.6 . Максимальна кількість опадів за 1 день. (індекс RX1day)

Індекс RX1day є показовим для екстремальних опадів, які за своєю кількістю та інтенсивністю сягають до небезпечних або стихійних. Як видно з рисунку 3.6 такі опади спостерігалися в 1988, 2002 та 2016 роках. В цей час в Одесі за один день випало 89,9мм, 106,3мм та 105мм відповідно. В решті випадків кількість опадів коливалась від 21 до 66мм.

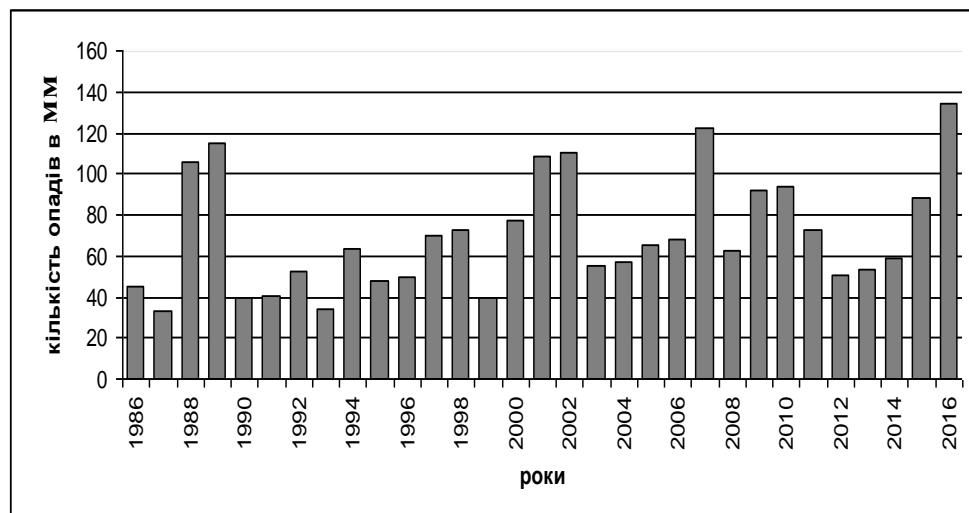


Рис.3.7 . Максимальна кількість опадів за 5 днів. (індекс RX5day)

Максимальна кількість опадів за 5 днів спостерігалася в 1988, 1989, 2001, 2002, 2007 та 2016 роках і вона складала 105,8мм, 115,3мм, 108,3мм,

110,2мм, 121,9мм та 134мм. Мінімальне значення даного індексу відзначалося в 1987 році і складало 33,5мм. Загальний тренд показує збільшення даного індексу з 2000 по 2016 рік.

4 МІЖСЕЗОННА МІНЛИВІСТЬ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ В ОДЕСІ

4.1 Загальні характеристики мінливості опадів в Україні

Залежно від виду атмосферних опадів, рік прийнято розділяти на два періоди: холодний (листопад-березень), коли поряд з твердими опадами можуть випадати й рідкі; теплий (квітень-жовтень) — з переважанням рідких опадів. У холодний період випадає 20 - 25, у теплий 75 - 80 % річної кількості опадів. У холодний період кількість опадів на переважній частині території становить 200 - 220мм, на Донецькій височині — 250мм (рис.4.1).



Рис.4.1. Середня кількість опадів в холодний період [6]

У теплий період розподіл опадів подібний до річного розподілу (рис. 4.1). Кількість опадів зменшується з північного заходу на південний схід від 450 до 300мм і менше, тобто більш ніж удвічі. На узбережжях морів кількість опадів зменшується до 230мм. Річний хід опадів має свої особливості. На

окремих станціях він відрізняється за значеннями максимуму та мінімуму, за амплітудою коливання та мінливістю у межах року.

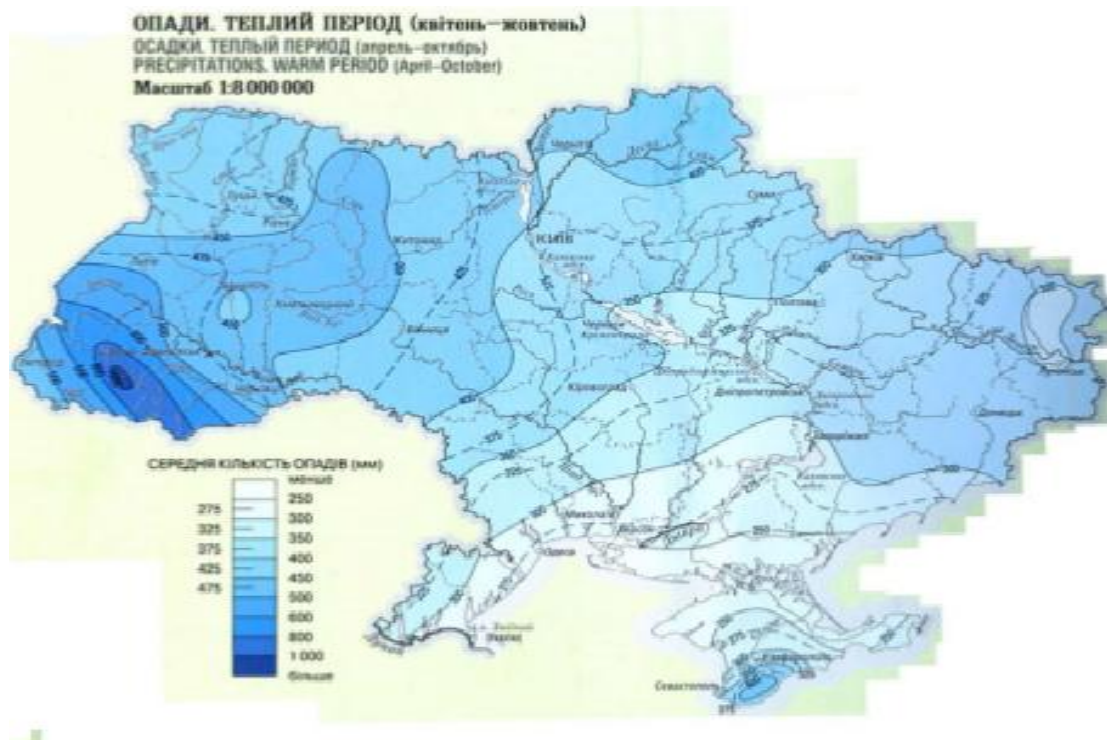


Рис.4.2. Середня кількість опадів в теплий період [6]

У січні та лютому повсюдно випадає найменша кількість опадів (від 30 до 40мм). На Донецькій височині, а також на Поліссі місячна кількість опадів перевищує 45мм. Починаючи з березня кількість опадів поступово збільшується майже до липня. У червні - липні повсюдно випадає максимальна за рік кількість опадів.

На Поліссі кількість опадів у червні перевищує 75мм, місцями досягає 100мм, на решті території вона становить 60 - 70мм, у південному Степу і на узбережжях морів — 40 - 50мм. На Поліссі на липень припадає річний максимум опадів (понад 85мм). У серпні також випадає значна кількість опадів. На решті території відмічається їх зниження: у Степу — до 50мм, іноді до 40мм. Вересень і жовтень — найсухіші місяці теплового періоду. На Поліссі у вересні випадає 45 - 55мм, у Лісостепу — від 40 до 50мм, на

більшій частині Степу — від 30 до 40мм, у південному Степу і на узбережжях морів — близько 20мм. У листопаді та грудні кількість опадів збільшується порівняно з вереснем і жовтнем [10].

Отже, в Україні спостерігається континентальний тип річного ходу опадів, за якого кількість опадів теплого періоду втричі перевищує кількість опадів холодного періоду. Такий розподіл опадів найбільш виражений на височинах і у північних та північно-західних районах. Амплітуда річного ходу опадів тут становить понад 50мм. У степу річний хід опадів рівномірніший, особливо на узбережжях морів, де амплітуда зменшується до 25мм. В окремі роки найбільша і найменша кількість опадів може зміщуватися на інші місяці. Найбільша місячна кількість опадів, що відмічалась в Україні, перевищує середні значення вдвічі - втричі. На переважній частині території вони змінюються від 65 до 260мм залежно від сезону року. Найменша кількість опадів за місяць становить 0 - 10мм, значення середнього квадратичного відхилення в окремі місяці дорівнює — 13 - 40мм. Зі збільшенням кількості опадів збільшується і їх мінливість. Найбільшою мінливістю характеризуються опади літнього і осіннього сезонів.

Важливою характеристикою опадів є їх тривалість, яка має чітко виражений річний хід і відповідає закономірностям просторово-часового розподілу. Найтривалішими є облогові опади (у вигляді крапель або сніжинок середнього розміру), які випадають із суцільного покриву шарувато-дощових або високошаруватих хмар. Такі опади розповсюджуються на значну площу. Зливові, навпаки, — короткочасні і займають невелику площу.

Опади можуть випадати від декількох хвилин до декількох діб. Взимку середня тривалість опадів у день з опадами найбільша (8 - 10 год). З настанням весни вона поступово зменшується до 6 - 8 год, влітку — до 3 - 4 год, а на півдні — до 1,5 - 2,0 год. Восени середня тривалість опадів у день з опадами збільшується до 8 - 9 год. Максимальна тривалість безперервного

дощу на значній території становить 20 - 24 год. Найтриваліші дощі відмічаються на заході та в Українських Карпатах (70 год), а найменш тривалі — на Південному березі Криму, де у літні місяці тривалість випадання опадів не перевищує 10 год. Коли над територією країни повільно переміщуються глибокі і обширні циклонічні системи, безперервні опади бувають найтривалішими, особливо восени і навесні [11].

Тривалість випадання опадів має добре виражений річний хід. У період з жовтня до квітня випадають в основному облогові дощі, іноді у вигляді мряки, що характеризуються найменшою кількістю та найбільшою тривалістю. З травня до вересня внаслідок значного розвитку конвекції опади мають зливовий характер, їх кількість збільшується, а тривалість зменшується. Внесок тривалості випадання опадів кожного місяця у річну майже однаковий на всій території. Максимальні її значення відмічаються у холодний період року (листопад-березень), мінімальні — у теплий (квітень-жовтень). Взимку, коли кількість опадів найменша і відмічається найбільше число днів з опадами, тривалість їх найбільша (40 -50 % від річної). Найбільша середня тривалість опадів спостерігається у грудні переважно у західних областях, в січні — у східних, північно-східних та в Криму, рідше у лютому — в окремих місцях.

Із листопада до березня найбільша тривалість опадів спостерігається у Лісостепу і на прилеглих ділянках суміжних зон. У напрямі на північ тривалість опадів поступово скорочується і більш різко вона зменшується у напрямі на південь. Сумарна тривалість опадів за холодний період становить у середньому по країні від 400 год на півдні (включаючи Крим) до 800 год на північному заході, у Кримських горах та Українських Карпатах — від 700 год (Ай-Петрі) до 900 год (Пожежевська).

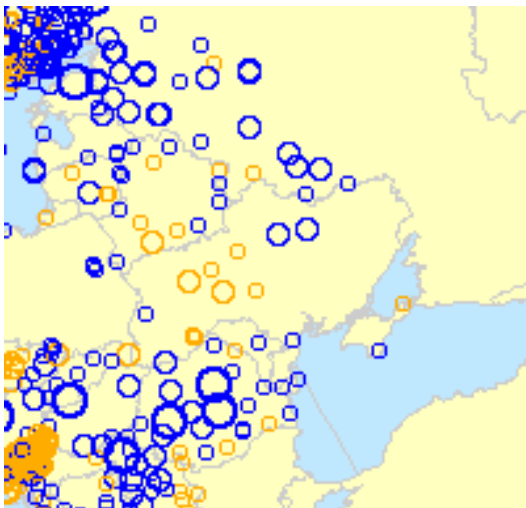
Взимку опади найтриваліші. У цей сезон місячна тривалість опадів у середній частині країни і на Закарпатській низовині місцями досягає 150 годин, а на крайньому півдні — 70 - 100 год. Тривалість випадання опадів поступово зменшується з півночі на південь. Середня тривалість опадів у

грудні становить у Києві та Харкові близько 180 годин, у Львові - 190 годин, у січні в Умані - близько 150, Донецьку - 170, Ялті - 130, Одесі - 110 годин. Особливо значна тривалість опадів у горах. В Українських Карпатах у грудні середня тривалість випадання опадів може досягати понад 200 годин (Пожежевська), у Кримських горах в січні — понад 170 годин (Ай-Петрі). У лютому тривалість опадів більша ніж у листопаді (хоча у листопаді відмічається значна хмарність). Пояснюється це тим, що у листопаді переважають опади у вигляді дощу, пов'язані з низькою шаруватою хмарністю. У лютому найчастіше опади випадають із хмар середнього ярусу у вигляді снігу, інтенсивність їх у 1,5 рази менша ніж у листопаді, а тривалість більша[12].

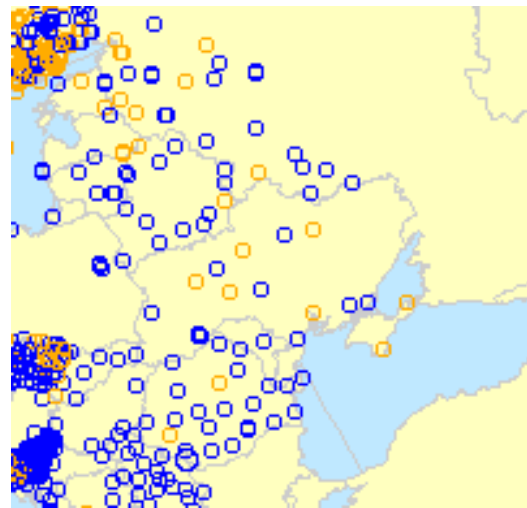
4.2 Повторюваність основних індексів зволоження в м. Одеса

В ході роботи було порівняно повторюваність індексів зволоження R10mm та R20mm за 2016 рік з кліматичною нормою (1961-1990pp) за теплий (квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень) та холодний (жовтень, листопад, грудень, січень, лютий, березень) сезон року окремо (рис. 4.3).

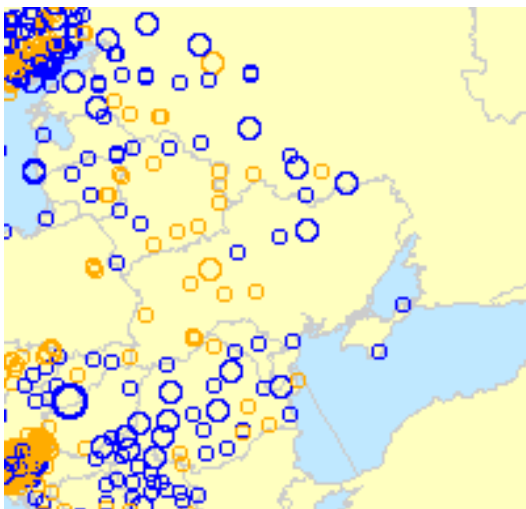
В результаті виявлено, що кількість днів з опадами більшими за 10мм та 20мм в 2016 році в місті Одеса порівняно з багаторічною нормою зросла від 3 до 6 днів, як в тепле так і в холодне півріччя. А на півдні Одеської області кількість днів з опадами, більшими за 20мм збільшилася від 6 до 9 днів в тепле півріччя.



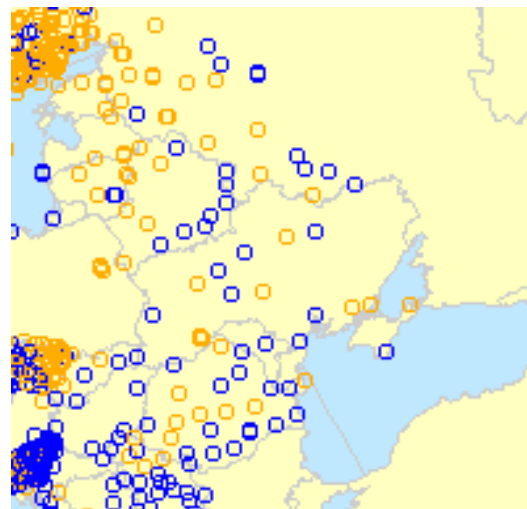
A) R10mm – тепле півріччя



Б) R10mm – холодне півріччя



B) R20mm – тепле півріччя

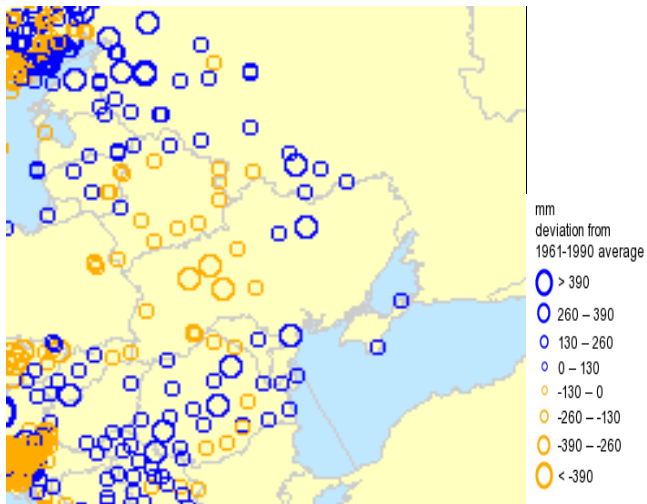


Г) R20mm – холодне півріччя

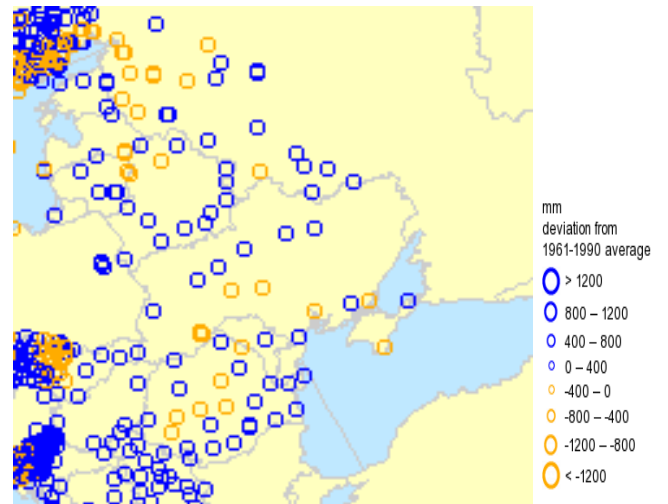
Рис. 4.3. Відхилення індексів R10mm та R20mm від середнього показника 1961-1990рр.

Загальна кількість опадів (індекс PRCPTOT) в 2016 році в місті Одеса порівняно з середнім показником 1961-1990рр. в тепле півріччя зросла на величину в межах 260-390мм. А в холодне півріччя загальна кількість опадів порівняно з кліматичною нормою зменшилася на 400мм.

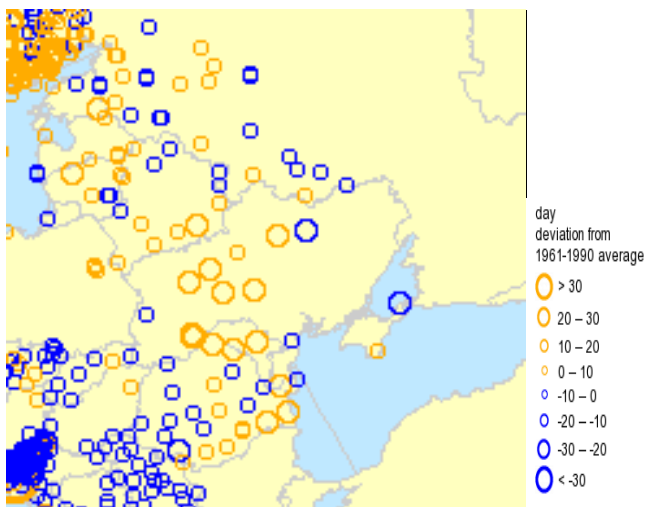
Індекс CDD, що характеризує кількість днів з опадами, меншими за 1мм зменшився, к в тепле так і в холодне півріччя на 10 днів порівняно з багаторічними кліматичними даними.



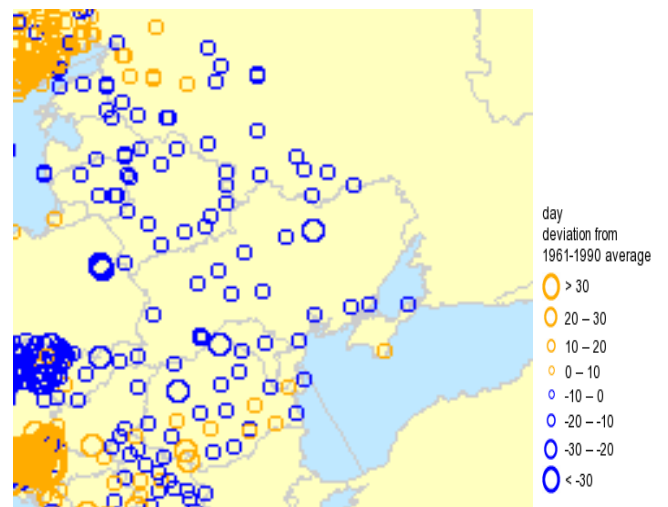
A) PRCPTOT – тепле півріччя



Б) PRCPTOT – холодне півріччя



B) CDD – тепле півріччя



Г) CDD – холодне півріччя

Рис. 4.4. Відхилення індексів PRCPTOT та CDD від середнього показника 1961-1990рр.

ВИСНОВКИ

Опади відносяться до важливої характеристики зволоження. Річна сума опадів в Одесі за багаторічними кліматичними даними становить близько 400мм. Але за останні 20 років ця сума зросла і вже в середньому складає 500мм, а максимум сягає і до 750мм.

Збільшилася кількість екстремальних опадів, які по своїй кількості та інтенсивності досягають критерію стихійних.

За останнє десятиріччя кількість днів з опадами, більшими за 20мм. продовжує зростати.

Загальний тренд направлений в сторону збільшення кількості днів з опадами, більшими за 10 мм.

Зменшилася тривалість посушливих періодів.

В результаті виявлено, що кількість днів з опадами більшими за 10мм та 20мм в 2016 році в місті Одеса порівняно з багаторічною нормою зросла від 3 до 6 днів, як в тепле так і в холодне півріччя. А на півдні Одеської області кількість днів з опадами, більшими за 20мм збільшилася від 6 до 9 днів в тепле півріччя.

Загальна кількість опадів (індекс PRCPTOT) в 2016 році в місті Одеса порівняно з середнім показником 1961-1990рр. в тепле півріччя зросла на величину в межах 260-390мм .А в холодне півріччя загальна кількість опадів порівняно з кліматичною нормою зменшилася на 400мм.

Індекс CDD, що характеризує кількість днів з опадами, меншими за 1мм зменшився, к в тепле так і в холодне півріччя на 10 днів порівняно з багаторічними кліматичними даними.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. . Orłowsky B., Seneviratne, S.I. Global changes in extremes events: regional and seasonal dimension. In: Climatic Change, 2012, nr. 110, p.669-696. doi:10.1007/s10584-011-0122-9
2. WHO. Climate Change, the Global Health Community, and WHO. cited 2011.
3. <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>
4. <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2008/s05/en/index.html> (visited 13.10. 2011)
5. Ефимов В. В., Губанова Е. В. Изменение климата Украины в XX веке / НАН Украины; Морской гидрофизический ин-т. — Препр. — Севастополь : МГИ НАНУ, 2003. — 42с. : ил. — Библиогр.: с. 18.
6. <http://yurii.ru/ref11/rl-1999043.php>
7. Климат Одессы. Под ред. Смекаловой Л.К., Швер Ц. А. – Ленинград Гидрометеоздат, 1986. – 174 с.
8. Шишкин Н.С. Облака, осадки и грозовое электричество. 2-е изд. – Л.: Гидрометеоздат, 1954. – 401 с.
9. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського. - К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
10. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. - Київ, Державний комітет України з гідрометеорології, 2004. - 31 с.
11. Гребенюк Н. П. Характеристика повторюваності сильних злив на території України в умовах сучасних змін клімату // Український гідрометеорологічний інститут. - Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. – 2014. – Т.1(32).
- 12 Хохлов В.М., Бондаренко В.М., Латиш Л.Г. Просторовий розподіл аномалій опадів в Україні у 2011-2025 роках // Український гідрометеорологічний журнал. – 2009. – № 5. – С. 54-62.