

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: "Динаміка формування небезпечних конвективних явищ у
Київській області"

Виконав студент 1 курсу групи МСА- 51а
спеціальності 103 – Науки про Землю
спеціалізація Метеорологія та кліматологія
Дудкін Андрій Федорович

Керівник к. геогр. н.
Агайар Елліна Вікторівна

Рецензент д. геогр. н., проф.
Ляшенко Галина Віталіївна

Одеса 2017 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення	Гідрометеорологічний інститут
Кафедра, циклова комісія	Кафедра метеорології та кліматології
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Спеціаліст
Спеціальність	103 - Науки про Землю
Спеціалізація	Метеорологія та кліматологія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Івус Г.П.
“ 10 ” березня _____ 2017 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Дудкін Андрій Федорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Динаміка формування небезпечних конвективних явищ у Київській області

Керівник проекту к. геогр. н., Агайар Елліна Вікторівна

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

Затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” грудня 2016р. №372с

2. Строк подання студентом проекту 1 червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту: *1. Дані архіву АРМсін за період 2011-2015 рр., 2. Комплект синоптичних карт з 2011-2015 рр., 3. Данні нефаналізу і ESWD. 4. Аеросиноптичні матеріали за 10 червня 2012 р.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1. Огляд сучасних літературних джерел за темою дипломного проекту та аналіз багаторічного режиму формування СГЯ над Україною; 2. Дослідження динаміки формування конвективних явищ у Київській області, 2011 - 2015 р.р; 3. Оцінка синоптичних процесів формування небезпечних конвективних явищ у Київській області за вказаний період; 4. Аеросиноптичні умови виникнення СГЯ у Київській області 10.06.2012 р.*

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

Рис. 1.1-1.8 Клімато-географічні характеристики Київської області; Рис. 3.1-3.12 Оцінка повторюваності небезпечних конвективних явищ на території Київської області; Рис. 3.13-3.27 Аеросиноптична ситуація 10.06.2012 р.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 10 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			У %	За4-х бальною шкалою
1.	<i>Огляд новітніх літературних джерел за темою дипломного проекту</i>	10.03.17 – 17.03.17	95	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	18.03.17- 26.03.17	95	відмінно
3.	<i>Аналіз режиму небезпечних конвективних явищ на території України</i>	27.03.17- 07.04.17	95	відмінно
	Атестація	03-08.04.17	95	відмінно
4.	<i>Розрахунок повторюваності небезпечних конвективних явищ на Київщині за 2011 - 2015 рр.</i>	08.04.17- 23.04.17	95	відмінно
5.	<i>Оцінка циркуляційних умов виникнення стихійних конвективних явищ на території Київської області, 2011 – 2015 рр.</i>	24.04.17- 06.05.17	93	відмінно
6.	Атестація	03-06.05.17	95	відмінно
7.	<i>Виявлення причин утворення СГЯ і розрахунок параметрів конвекції 10червня 2012 р. в районі Києва</i>	07.05.17- 15.05.17	95	відмінно
8.	<i>Складання висновків та додатків та підготовка рукопису до друку.</i>	16.05.17- 25.05.17	95	відмінно
9.	<i>Оформлення дипломного проекту</i>	26.05.17- 05.06.17	95	відмінно
10.	<i>Розробка тексту доповіді та підготовка до захисту дипломного проекту</i>	06.06.17- 15.06.17	95	відмінно
11.	<i>Підготовка комп'ютерної презентації</i>	16.06.17- 19.06.17	95	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	відмінно

Студент

(підпис)

Дудкин А. Ф.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

к.геогр.н., Агайар Е.В

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	5
Вступ.....	6
1 Клімато-географічний опис Київської області	8
1.1 Кліматична справка досліджуваної території.....	8
1.2 Географічна характеристика Київщини	11
2 Стихійні гідрометеорологічні явища, критерії та термінологія.....	13
2.1 Критерії стихійних гідрометеорологічних явищ погоди	13
2.2 Загальні відомості про небезпечні конвективні погодні явища. 15	
2.3 Індeksi конвективної нестійкості	21
3 Дослідження динаміки формування конвективних явищ у Київській області, 2011 - 2015 рр.....	24
3.1 Аналіз режиму небезпечних конвективних явищ на території України.....	24
3.2 Оцінка кліматичної повторюваності небезпечних конвективних явищ на Київщині за 2011 - 2015 рр.	31
3.3 Циркуляційні умови виникнення стихійних конвективних явищ на території Київської області, 2011 – 2015 рр.....	42
3.4 Аналіз синоптичної ситуації та розрахунок індексів конвективної нестійкості в районі Києва 10.06.2016 р.....	49
Висновки	59
Додаток А.....	64
Додаток Б	65
Додаток В.....	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВМО – Всесвітня Метеорологічна Організація

МКК- мезомасштабний конвективний комплекс.

СГЯ – стихійні гідрометеорологічні явища

НКЯ - небезпечні конвективні явища

UTC – United Time Centered

ВСТУП

Клімат є однією зі складових природних ресурсів, від якої залежить рівень соціально-економічного розвитку, стан навколишнього середовища, життєдіяльність людини. Особливості географічного положення України, синоптичних процесів і різноманітність кліматичних умов сприяють частому виникненню стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ) і створюють надзвичайну складність розподілу їх у просторі та часі [10, 11]. За останні роки у зв'язку зі значними флуктуаціями клімату частота екстремального стану погоди збільшилася. В окремих випадках стихійні метеорологічні явища мають катастрофічний характер та завдають значних збитків економіці та населенню. СГЯ, зазвичай, спостерігаються у комплексі, що значно підсилює їх негативний вплив: зливи дощі супроводжуються штормовим вітром, грозою, градом; хуртовини – снігопадом і сильним вітром, відкладенням мокрого снігу, обледенінням; пилові бурі – посиленням вітру та погіршенням видимості тощо. Для кожного місяця, сезону, періоду і року характерний тип стихійного явища або їх комплекс, зумовлений аномальними циркуляційними процесами в атмосфері та метеорологічними умовами.

Метою дипломного проекту є дослідження особливості виникнення небезпечних конвективних явищ на території Київській області, які відображають останні тенденції змін кліматичних і циркуляційних факторів в регіоні (період 2011 - 2015 рр.).

Для оцінки просторово-часових особливостей розподілу небезпечних явищ (сильної зливи, шквалу, граду і смерчу) застосований комплексний підхід, заснований на спільному використанні статистичних і синоптичних методів [2], що дозволяє більш достовірно оцінити внесок різних факторів при розвитку конвективних явищ в досліджуваному регіоні. Вивчення періодичності виникнення цих явищ проводилося за даними щогодинних спостережень в стандартні метеорологічні строки, штормових попереджень, та даних нефаналізу і ESWD (Європейської Бази Сильних Штормів) [22, 25, 27, 29, 30].

Дипломний проект складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Перший розділ містить в собі загальну інформацію про фізико - географічну та кліматичну характеристику Київської області.

Другий розділ присвячений визначенню критеріям та термінології стихійних гідрометеорологічних явищ погоди.

Третій розділ складається з оцінки просторово-часових особливостей розподілу небезпечних явищ (сильної зливи, шквалу, граду і смерчу) у Київській області у період з 2011 по 2015 рр. та аналізу синоптичної ситуації і розрахунку індексів конвективної нестійкості в районі Києва 10.06.2016 р.

У висновках представлені результати виконаної роботи. Перелік посилань складається з 31 літературного джерела.

У додатках наведені допоміжні матеріали.

Дипломний проект виконаний на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н. Агайар Е. В.

1 КЛІМАТО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Кліматична справка досліджуваної території

Клімат досліджуваної території помірно континентальний, з теплим літом та м'якою зимою [6, 12].

Температурний режим. Середньомісячна температура найбільш холоднішого місяця січня становить $+6^{\circ}\text{C}$, найтеплішого місяця липня — $+19,5^{\circ}\text{C}$. Перехід середньої добової температури через 0°C у бік зростання відбувається в середині березня, через $+5^{\circ}\text{C}$ — в середині квітня. Цей час вважають за початок вегетаційного періоду, який триває 198–204 доби. Середня кількість днів з температурою повітря $+25^{\circ}\text{C}$ та вище за рік становить 45–50 (рис. 1.1-1.3). Середні дані настання останніх весняних паморозків — кінець квітня. Осінні паморозки починаються в жовтні, а наприкінці листопада може утворитися сніговий покрив. Осінь відзначається зниженням температури повітря від місяця до місяця на $5\text{--}7^{\circ}\text{C}$. Середня тривалість безморозного періоду — 160–170 днів.

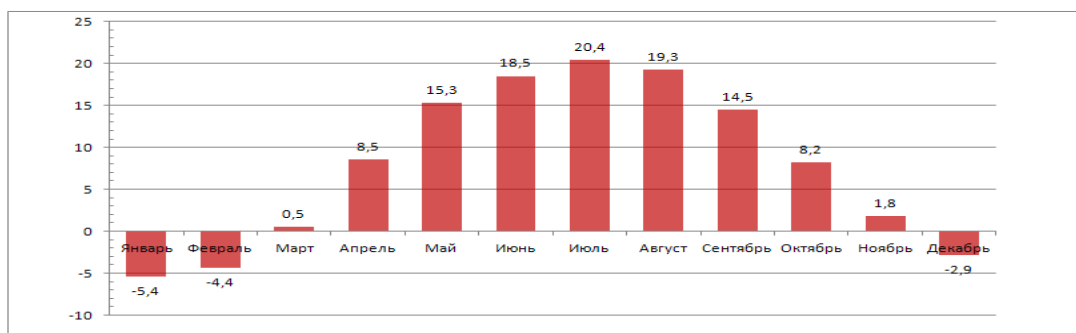


Рис. 1.1 - Середньомісячна температура Київської області, $^{\circ}\text{C}$ [26]

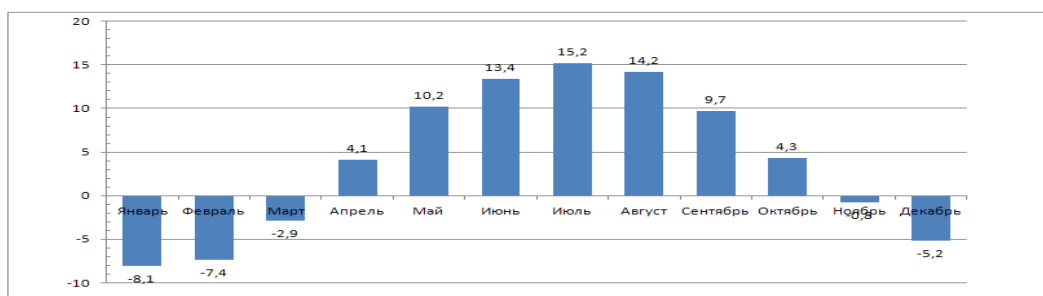


Рис. 1.2 - Середньомісячна мінімальна температура Київської області, $^{\circ}\text{C}$ [26]

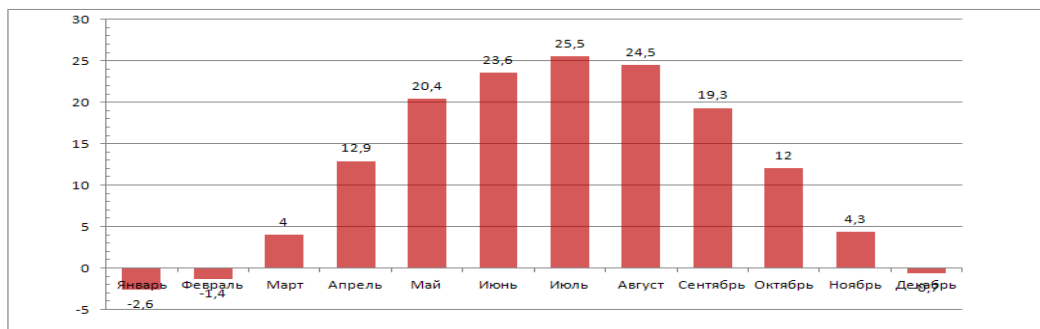


Рис. 1.3 - Середньомісячна максимальна температура Київської області, °C [26]

Опади. Сумарна тривалість опадів 1100–1000 годин на рік [5]. За рік випадає 500–600 мм опадів. Близько 40% річної суми опадів випадає влітку — 200–220 мм, максимум опадів буває в червні–липні, часто спостерігаються грози (рис.1.4). За весну випадає 110–120 мм опадів, восени — від 120 до 170 мм. За зимовий період випадає 70–90 мм опадів, що можуть бути як у вигляді снігу, так і дощу. Тривалість залягання снігового покриву — 90-100 діб, його висота становить 25–30 см (рис. 1.4-1.5). При відсутності снігового покриву ґрунт може промерзати на 100–130 см. Характерна риса погодних процесів зимового періоду — утворення ожеледі.

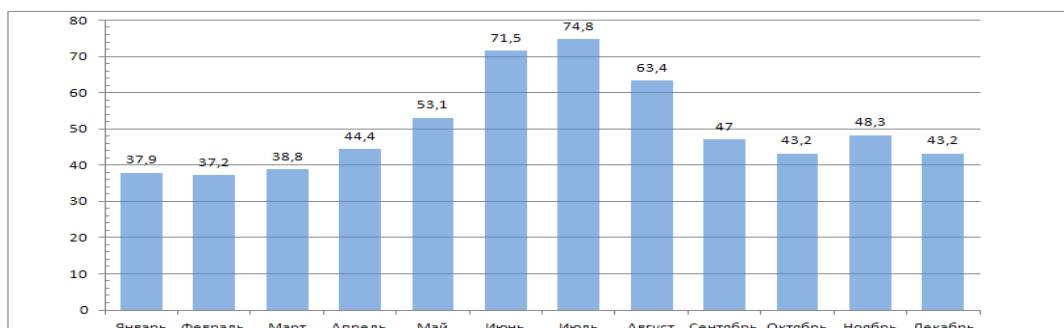


Рис. 1.4 - Середньомісячна кількість опадів, мм [26]

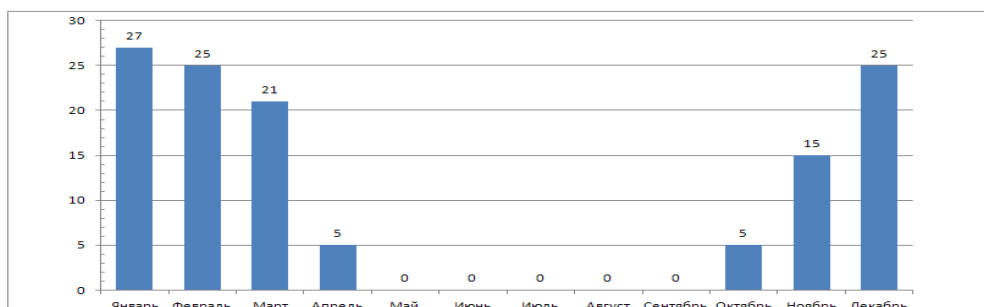


Рис. 1.5 - Середньомісячна кількість днів з морозами [26]

Атмосферна циркуляція. Над обстежуваною територією переважають циклони атлантичного походження, які проходять з заходу або північного заходу. Найбільшої інтенсивності циклонічна діяльність досягає у другій половині осені та взимку, тому в цей час часто спостерігається хмарна погода з тривалими обложними опадами і туманами (рис.1.6-1.7). Взимку можливий вплив відрогів азійського антициклону, що призводить до тривалої малохмарної морозної погоди без опадів. Влітку на територію впливають відроги азорського антициклону, що спричинює тривалу безхмарну, сонячну, суху і жарку погоду [7].

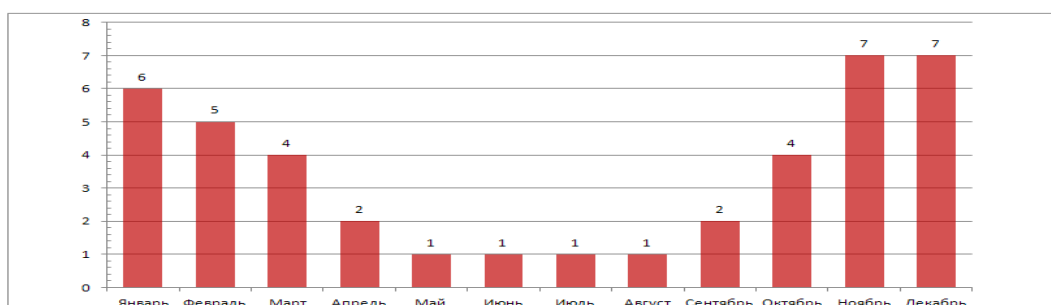


Рис. 1.6 - Кількість днів з туманом [26]

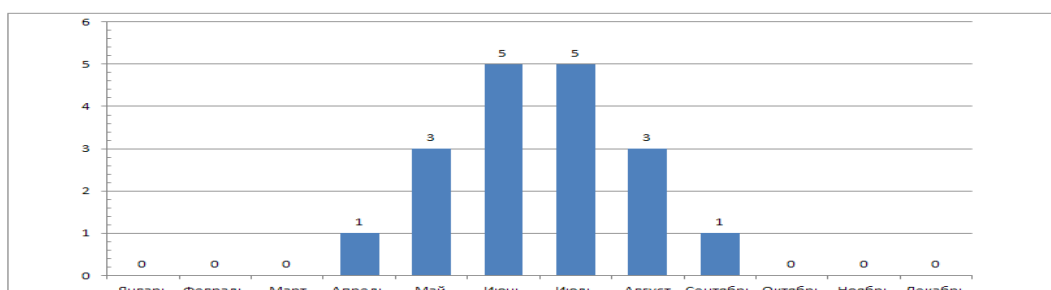


Рис. 1.7 - Кількість днів з грозою [26]

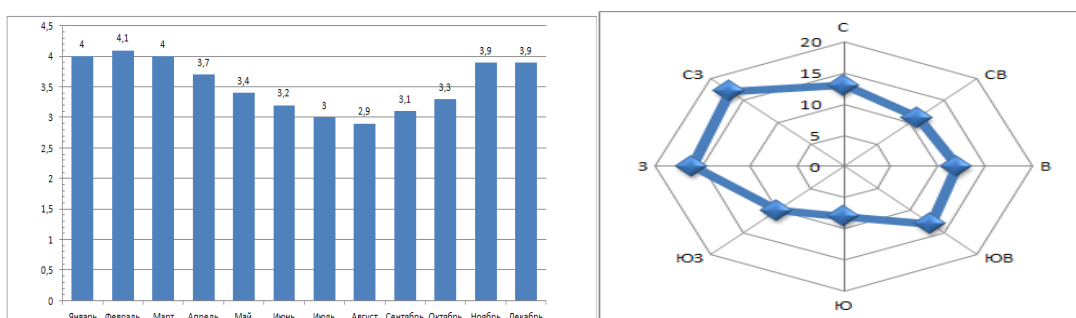


Рис. 1.8 - Середньорічна швидкість та напрямок вітру [26]

Вітровий режим. Вітри північно–західного напрямку переважають. Холодний період (жовтень–березень) характеризується зростанням швидкості вітру і несталістю його напрямку (рис. 1.8).

1.2 Географічна характеристика Київщини

Київська область розташована в північній частині України, у басейні ріки Дніпроїного приток – Росі, Десни, Ірпеня, Трубіжу, Прип'яті та інших. За адміністративно-територіальним устроєм область поділена на 25 районів, 26 міст, із них 13 обласного значення (у тому числі м. Прип'ять) та 13 районного значення; 30 селищ міського типу; 1126 сільських населених пунктів (рис. 1.9).

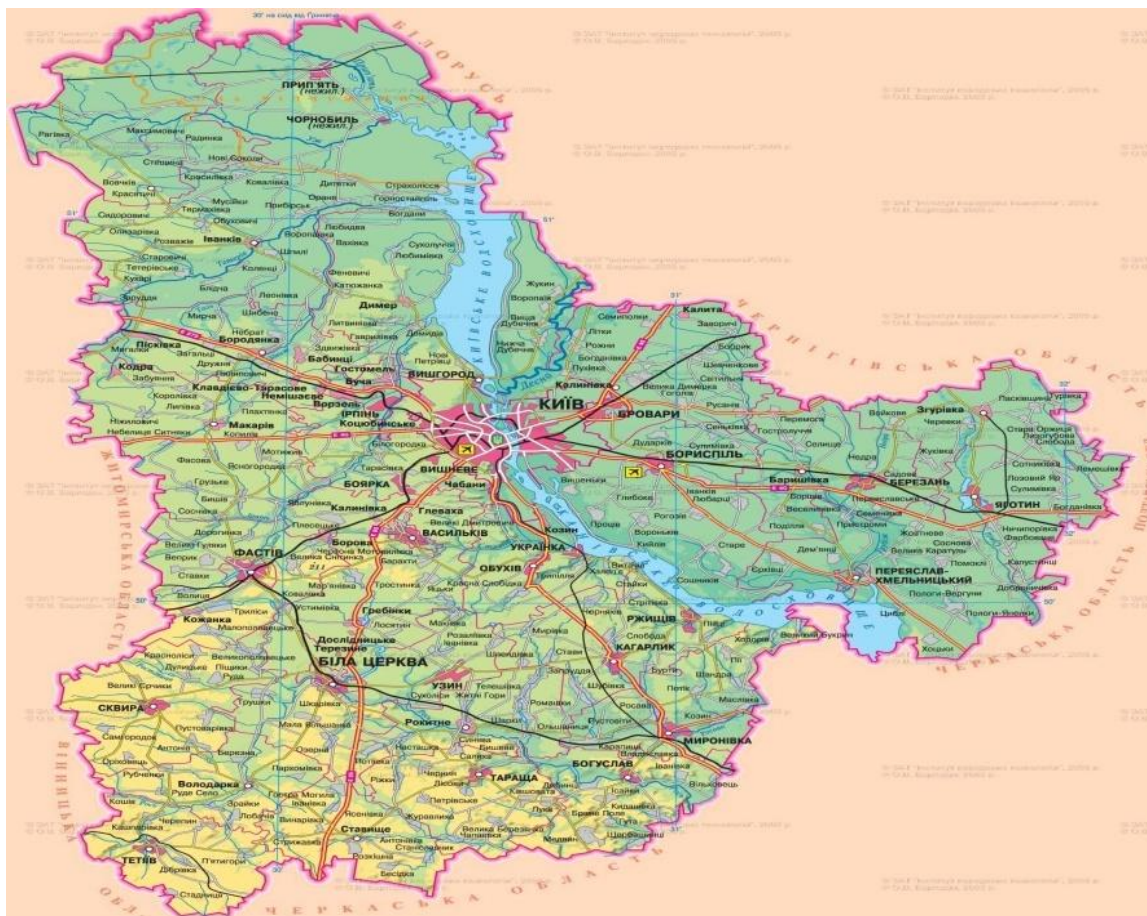


Рис. 1.9 – Карта Київської області [28].

На півночі переважають низовинні рівнини Поліської низовини. Південно-західна і центральна частини лежать на Придніпровській височині (максимальна висота 273 метри). Східна, лівобережна територія області, розташована в межах Придніпровської низовини.

На території області в основному лісові та лісостепові ландшафти. У північній частині Київщини розповсюджені хвойні та змішані ліса, у південній – невеликі масиви широколистих лісів. Область небагата корисними копалинами – тут зустрічаються торф, буре вугілля, найбільше значення мають запаси будівельних матеріалів.

Головна річка – Дніпро, довжина якої в межах області 246 км, а також тут протікають її притоки – Прип'ять з Ужом, Тетерів із Здвижем, Десна, Стугна, Кам'янка і Трубіж. За течією Дніпра вище Києва знаходиться Київське водосховище, а нижче – Канівське водосховище [17].

Загальна площа лісового фонду області — 675,6 тис.га. Для північної частини території області характерні масиви хвойних і змішаних лісів, значні площі різнотравно-злакових луків і заболочені ділянки. На півдні переважають широколистяні ліси (дуб, граб, ясен, вільха, липа), кущі й луки. Область розташована у межах двох природних зон: змішаних лісів (Київське Полісся) і лісостепової. На півночі області переважають недреновані перезволожені і заболочені, поліські алювіально-зандрові і терасні, на півдні — луково-степові височинні розчленовані і терасні, а також лісостепові височинні розчленовані природно-територіальні комплекси. В області — 77 територій і об'єктів природно-заповідного фонду (загальна площа — 80,3 тис. га), в тому числі Дніпровсько-Тетерівське і заліське заповідно-мисливські господарства, 7 заказників (Дніпровсько-Деснянський, Звонківський, Жорнівський, Іллінський, Усівський тощо), пам'ятник природи (урочище Бабка), дендропарк "Олександрія" (Біла Церква).

2 СТИХІЙНІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА, КРИТЕРІЇ ТА ТЕРМІНОЛОГІЯ

2.1 Критерії стихійних гідрометеорологічних явищ погоди

Питання глобальних змін клімату та стихійних гідрометеорологічних явищ постійно перебувають у центрі уваги Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО). Починаючи з 1993 р. ВМО через свою Комісію з кліматології у співробітництві з країнами – членами ВМО видає щорічні заяви про стан глобального клімату на Землі. ВМО зазначає, що частота, тривалість та інтенсивність стихійних метеорологічних явищ і екстремальних умов зростає.

За даними ВМО, 90% усіх стихійних лих, від яких потерпає людство, мають гідрометеорологічне походження. Вплив стихійних гідрометеорологічних явищ на соціально-економічний розвиток суспільства зростає. Лише протягом 1992 – 2001 рр., вони призвели до загибелі більш ніж 620 тис. чол. Загальні економічні збитки становили близько 450 млрд. дол. США, або 65% загального обсягу збитків, понесених у результаті всіх стихійних явищ за цей період [9].

Стихійні метеорологічні явища являють собою атмосферні явища, що мають аномальний характер. Вони пов'язані з особливостями циркуляційних процесів, на які в ряді випадків впливають орографічні чинники. Ці явища завдають великої шкоди різним галузям народного господарства. Загальний збиток від них може становити десятки, а іноді і сотні млн. грн. протягом року.

В даний час увага вчених і громадськості прикута до виникнення великих кліматичних і погодних аномалій, які стали більш частими за останні десятиліття і одночасно охопили велику кількість регіонів нашої планети, істотно вплинувши на економіку і життя людей ряду країн.

Для України, що займає територію зі складними фізико-географічними умовами, особливості її місця розташування обумовлюють значну повторюваність небезпечних і особливо небезпечних (стихійних) метеорологічних явищ.

Відповідно до "Положення про порядок складання та передачі попереджень і повідомлень про виникнення стихійних явищ, різких змін погоди і випадків екстремально високого забруднення природного середовища", які вийшли в 1986 р термін особливо небезпечні явища (ООЯ) замінили на стихійні гідрометеорологічні явища (СГЯ). До стихійних (особливо небезпечних) гідрометеорологічних явищ відносять такі метеорологічні, агрометеорологічні, гідрологічні, і морські гідрометеорологічні явища, які за своєю інтенсивністю, району поширення і тривалістю можуть завдати або завдали шкоди народному господарству і населенню і викликати стихійні лиха.

Положення про критерії стихійних метеорологічних явищ декілька разів уточнювались (1966, 1968, 1972, 1986, 1994 рр.) [14].

Зараз діє нова «Настанова...» [14], затверджена у 2003 р. Критерії за весь період зазнали незначних змін, за винятком туману, тривалості снігопаду, пилової бурі та сильного дощу.

На цей час до СМЯ відносять явища, які за своєю інтенсивністю, поширенням (більш як 1/3 території) та тривалістю досягають і перевищують такі критерії:

дуже сильний дощ, дуже сильні опади (дощ зі снігом) – кількість опадів 30 мм і більше за 1 год та менше, а в гірських, селевих, лавинонебезпечних районах – 30 мм і більше за 12 год та менше

сильна злива – кількість опадів 30 мм і більше за 1 год та менше;

тривалий дощ – кількість опадів 100 мм і більше за 1-3 доби (за винятком зливонебезпечних районів);

дуже сильний снігопад – кількість опадів 20 мм і більше за 12 год і менше

крупний град – діаметр градин 20 мм і більше;

сильний вітер (у т.ч. шквал, смерч) максимальна швидкість вітру 25 м/с і більше у високогір'ї Українських Карпат і гірському Криму – до 40 м/с і більше.

сильна пилова (піщана) буря – максимальна швидкість вітру 15 м/с і більше протягом 12 годин та більше;

сильна хуртовина – максимальна швидкість вітру 15 м/с і більше протягом 12 годин та більше;

сильний туман – видимість 100 м і менше протягом 12 год та більше;

сильна ожеледь – діаметр відкладення на проводі стандартного ожеледного станка 20 мм і більше;

сильне налипання мокрого снігу – діаметр 35 мм і більше;

сильне складне відкладення – діаметр відкладення 35 мм і більше.

В окремих випадках атмосферні явища не перевищували вказаних значень, проте були дуже інтенсивними і завдавали значних збитків, особливо сільському виробництву. Комплексний вплив атмосферних явищ (злива з градом, снігопад з сильним вітром тощо) ще більше посилює небезпеку, тому їх теж ураховано.

Дослідження стихійних метеорологічних явищ базуються на сучасних уявленнях про теорію клімату, головні положення якої знайшли свій подальший розвиток у дослідженні сучасного клімату, у тому числі генезису і динаміки стихійних метеорологічних явищ [21, 23].

2.2 Загальні відомості про небезпечні конвективні погодні явища

Конвективні явища - атмосферні явища, пов'язані з конвективним переносом (висхідні і низхідні рухи) великих мас повітря під купчасто-дощовими хмарами [20].

Численні небезпечні метеорологічні явища такі, як сильний дощ, град, сильний вітер, шквал і смерч як правило спостерігаються при грозах. Гроза та перераховані явища є наслідком нестійкості атмосфери, що проявляється у виникненні значних вертикальних рухів дуже вологого повітря при великих градієнтах температури та утворенні потужних купчастих і купчасто-дощових хмар. Головним процесом, що зумовлює утворення гроз всередині однорідних повітряних мас, є термічна конвекція у чистому вигляді або в поєднанні з динамічною, чи під впливом орографії місцевості. Внутрішньомасові грози та зливи утворюються над континентом головним чином влітку в післяполуденні години, коли температура повітря біля поверхні землі максимальна; над морем ці явища спостерігаються найчастіше взимку та в нічні години. Типовими синоптичними ситуаціями виникнення внутрішньомасових гроз є тилова частина циклону та циклон, що заповнюється. В південних областях України вертикальна потужність хмар

сягає 8...10 км, тобто майже до тропопаузи. На решті території України ці грози проявляються мляво, тому що хмари вертикально розвиваються до 4...5 км, а вище існують затримуючі (інверсійні) шари [5].

Фронтальні грози утворюються внаслідок витіснення теплого вологого повітря наступаючим валом холодного. Зона грозової діяльності (значної горизонтальної протяжності) звичайно розміщується вздовж фронту на декілька сот, а впоперек фронту на декілька десятків кілометрів. Найбільш сприятливі умови для потужного розвитку купчасто-дощових хмар з сильними грозами та зливами утворюються при дивергенції висотних повітряних течій. Грозові хмари на холодних фронтах часто досягають висоти тропопаузи, а іноді перевищують її.

Грози теплих фронтів виникають над Україною значно рідше, їх найбільша активність у вечірні та нічні години, коли циклони рухаються з півдня та південного заходу, а в їх теплі сектори виносяться маси вологого тропічного повітря.

На особливу увагу заслуговують сильні грози, які супроводжуються одночасно зливами з градом, шквалами та іноді смерчами. Утворення подібних надзвичайних явищ погоди спостерігається поблизу чи в центрі невеликого хвильового збурення, де існують зони з досить контрастними температурами. В теплій повітряній масі денні температури звичайно перевищують 30...35 °С, а в холодному повітрі вони коливаються в межах 16...22 °С. Потужні грозові хмари із зливами виникають поблизу центра збурення в післяполуденні години.

Дослідженнями встановлено, що центральна частина грозової хмари звичайно добре відображується на індикаторі радіолокатора сантиметрового діапазону. При цьому потоки граду, якщо вони існують, припадають не на центральну частину хмари, а на її приміжові райони.

Одночасно із зливами при грозах спостерігаються електричні розряди (блискавки) між хмарами чи між хмарами і землею, а також різке посилення вітру у вигляді вихорів з горизонтальною (шкваловий вихор) та іноді вертикальною (смерч) осями.

До конвективних атмосферних явищ відносяться:

- Зливові опади (кількість опадів 30 мм і більше за 1 год і менше) пов'язані з купчасто-дощовою хмарністю і являють собою великі краплі дощу або град. Вони утворюються в нестійких повітряних масах на

холодних фронтах і фронтах оклюзії за типом холодного, тому звичайно супроводжуються грозами і шквалами, майже завжди короткочасні і раптові.

- Силні зливи формуються в основному у період із травня по серпень.

- Сильна злива майже щорічно (із 75-85% ймовірністю) спостерігається в Одеській області і АР Крим. З дещо меншою ймовірністю (40%) вона відмічається у Київській (табл. 2.1), Кіровоградській і Запорізькій областях. За розглянутий період сильну зливу не зареєстровано у Житомирській і Луганській областях.

Таблиця 2.1 – Повторюваність $P(\%)$ та середня кількість випадків \bar{n} сильної зливи (30 мм і більше за год і менше) 1996 - 2010 рр. [16]

Область	$P, \%$	\bar{n}
Київська	40	0,5

Град (для СГЯ – діаметр градин 20 мм і більше) – явище локальне, частіше за все він випадає окремими ізольованими плямами на площах від декількох десятків до декількох сотень квадратних кілометрів, рідше – у вигляді градових доріжок. Максимум повторюваності великого граду припадає на літній сезон. Розмір збитку залежить від розміру градин, їх щільності, інтенсивності випадіння. Градини діаметром понад 30 мм можуть абсолютно знищити посіви, пошкодити дахи будівель, побити птахів та дрібну худобу. Для території України характерне випадіння невеликого інтенсивного граду. Великий град відмічається з кінця квітня до середини вересня. Частіше за все град спостерігається один день (55%). Іноді 2 – 3 доби. Збереження градової ситуації 5 діб і більше не перевищує 4 %. Випадіння граду виникає переважно в 15 – 18 ч. Найбільш схильні до випадання граду гірські і передгірні території Українських Карпат і Криму. Тут щорічно спостерігається град, а великий град 1 раз в 2,5 - 3 роки.

Шквалом називається короткочасне місцеве посилення вітру до значень, що набагато перевищують значення градієнтного вітру в цьому районі. Напрямок вітру при шквалі звичайно зазнає різких змін. Тривалість шквалу за спостереженнями в одному пункті, як правило, не перевищує

декількох хвилин, хоча може складати і десятки хвилин. Переміщуючись вузькою смугою від декількох сотень метрів до декількох кілометрів (в окремих випадках до 50...70 км), шквал може існувати декілька годин.

За природою виникнення шквали підрозділяють на:

- шквали, що пов'язані з термічною конвекцією;
- шквали, що обумовлені термодинамічною конвекцією.

Механізм виникнення шквалу не зовсім відомий і ясний. Крім того, ми не маємо у своєму розпорядженні достатню кількість спостережень за шквалом. З цими двома причинами і пов'язані труднощі прогнозу шквалу.

Шквалонебезпечна ситуація може створюватися по всій території України, але визначеної закономірності в їх просторовому розподілі не виявлено. Один раз у 3...5 років шквали виникають у Кіровоградській, Одеській, Київській, Чернігівській, Житомирській, Дніпропетровській, Черкаській, Кримській, Волинській, Вінницькій, Донецькій, Львівській, Харківській і Херсонській областях. В інших областях - один раз у 10 років.

В цілому по країні шквали фіксуються майже щорічно (77%) у тій чи іншій області. Так, за 1966...87 рр. на Україні їх зареєстровано більше 100 (для порівняння з Молдовою - лише 11), однак у 1977, 78, 79, 82 і 83 рр. шквалові ситуації не виникали.

Незважаючи на труднощі, пов'язані з локалізацією шквалів і відсутністю досить переконливої статистики, можна виділити райони з однаковою повторюваністю шквалів.

1 район: північні та центральні області (Чернігівська, Київська, Житомирська, Черкаська, Кіровоградська, Дніпропетровська); Донецький кряж, південний захід (Одеська область), АР Крим (частота - 1 раз у 3 роки).

2 район: Волинська, Львівська, Вінницька, Полтавська, Харківська, Херсонська області (частота 1 раз у 5 років).

3 район: захід (Ровенська, Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька області), схід (Луганська область), північний схід (Сумська область), а також південні області (Миколаївська, Запорізька) - 1 раз у 10 років.

Смерч – це воронка, що надзвичайно швидко обертається, звисає з купчасто-дошової хмари і спостерігається як «воронкоподібна хмара» або «туба». Добре розвинений смерч досягає землі і рухається по ній, приносячи

сильні руйнування, але іноді смерч не досягає повного розвитку, звішуючись з хмари у вигляді воронки. Смерчі породжуються вихровими утвореннями в хмарах, але не циліндровими вертикальними, а горизонтальними спіральними вихорами.

Смерчові хмари завжди володіють значною турбулентністю і неоднорідністю. Вони фактично є носіями, генераторами смерчів, тому їх часто називають материнськими хмарами. Смерчова хмара складається з двох частин: в основі розташовується хмара-комір (верхній ступінь), а під ним лежить «стінна» хмара, від нижньої поверхні якого звисає сам смерч. Хмара-комір має ширину 3...4 км, товщину близько 300 м; верхня поверхня знаходиться на висоті 1500 м. Ширина стіни-хмари – 1,5...2,0 км, товщина – 300...450 м, нижня поверхня – на висоті 500...600 м. Від стіни-хмари іноді відходить хмара-хвіст, довга і вузька, такої ж висоти і різної довжини.

Тривалість існування смерчу невелика: від декількох хвилин до декількох годин, довжина шляху в середньому 15...60 км, а іноді й близько 500 км (такі випадки спостерігалися в США). Швидкість руху смерчу різна: від 10...20 до 60...70 км·год⁻¹ та більше [5].

У 1973 р. Метеорологічна служба США прийняла в якості офіційної наступну шкалу інтенсивності смерчів, розроблену японським ученим Т.Фуджіта:

- F0 - швидкість вітру 18...32 м·с⁻¹. Слабкі руйнування: ушкоджуються пічні труби, паркани, дерева.

- F1 - швидкість вітру 33...49 м·с⁻¹. Помірні руйнування: зриваються покриття з дахів, рухомі автомобілі скидаються з дороги.

- F2 - швидкість вітру 50...69 м·с⁻¹. Значні руйнування: зриваються дахи з будинків, перевертаються вантажівки, вириваються з корінням дерева.

- F3 - швидкість вітру 70...92 м·с⁻¹. Сильні руйнування: дахи і частина стін руйнуються, перевертаються вагони, в лісах виривається з корінням велика частина дерев, важкі автомобілі підіймаються над землею і розкидаються.

- F4 - швидкість вітру 93...116 м·с⁻¹. Спустошливі руйнування: руйнуються важкі будівлі, будови із слабким фундаментом переносяться на відстань, автомобілі розкидаються в сторони, великі предмети носяться в повітрі.

- F5 - швидкість вітру 117...142 м·с⁻¹. Спустошливі руйнування: підіймаються важкі будівлі, переносяться на відстань і руйнуються автомобілі, величезні предмети переносяться по повітрю на великі відстані з великою швидкістю, дерева розламуються на частини.

- F6 - швидкість вітру від 142 м·с⁻¹ до, імовірно, швидкості звуку. Смерчі такої швидкості не зафіксовані.

Смерчі реєструються всюди над поверхнею Землі, окрім полярних та екваторіальних широт. Найчастіше вони формуються над США і Австралією. В середньому за рік в світі спостерігається від 1000 до 1500 смерчів, з них половина в США, особливо в області так званої «алеї торнадо» - смуги найбільшої повторюваності смерчів – 20...30° пн.ш. [5].

На території СНД смерчі відносно рідкісне явище. Каталог смерчів, зареєстрованих над країнами співдружності за період 1944...1998 рр., включає відомості про 264 смерчі, з яких 40 відсотків були слабкими. За 140 років спостережень було відмічено 13 серйозних і два спустошуючі смерчі.

В Європейській частині СНД виділяють дві зони концентрації смерчів. Перша знаходиться між Москвою і Нижнім Новгородом, де спостерігалися два сильні смерчі. Друга - по обидві сторони українсько-білоруського кордону з центром поблизу Києва, де були зафіксовані три серйозні смерчі (у Київській, Черкаській та Одеській областях) і велике число слабких та помірних явищ. Таким чином, Чорнобильська АЕС розташована саме в зоні відносно активного смерчоутворення.

На території України з 1 березня 1960 р. по 1 березня 2004 р. зареєстровано 71 смерч. Максимальна повторюваність доводиться на липень і червень – 25 і 23, відповідно. В середньому смерчі спостерігаються з травня по серпень. Найбільш ранній смерч був відмічений 5 травня 1970 р. в Одеській області (с. Чабанка), найпізніший – 20 жовтня 1976 р. в Херсонській області (м. Генічеськ). Над акваторією Чорного моря смерчі формуються переважно восени, коли повітря з охолодженої суші переноситься на більш теплу поверхню води. Повторюваність смерчів над Україною розподілена неоднорідно по регіонах. Максимальна кількість смерчів (6 випадків за вказаний період) відмічена в Криму, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій і Київській областях. Також відносно велика повторюваність явища (по 4

випадки) в Дніпропетровській, Черкаській, Одеській, Волинській і Львівській областях.

2.3 Індекси конвективної нестійкості

Для прогнозу розвитку конвекції в цілому, і, наприклад, грози практикується використання значень індексів, що характеризують конвекцію за рядом параметрів [24].

В першу чергу це індекси, які описують стійкість атмосфери - SHOW, Lifting. Параметр SHOW визначається по різниці температур оточуючого середовища на поверхні АТ-500 гПа і частинки, що піднімається по сухоадіабатичному закону з рівня АТ-850 гПа до рівня конденсації, а потім по вологадіабатичному закону до рівня АТ-500 гПа.

Інтенсивні грози формуються в атмосфері з додатньою енергією нестійкості у всьому шарі хмароутворення, коли в середній і верхній тропосфері температурні градієнти значно перевищують величину вологадіабатичного. Цю характеристику стану атмосфери описує значення індексу LIFT, або індекс підйому.

$$\text{LIFT} = T_{500} - T_{\text{parcel}}, \quad (1)$$

де T_{500} – температура оточуючого середовища на рівні 500 гПа, °С;
 T_{parcel} – температура частинки на рівні 500 гПа, що піднімається з рівня 500 над земною поверхнею при середньому тиску, температурі точки роси.

Величини індексу $\text{LIFT} < -9$ є ознакою критичної нестабільності атмосфери, в інтервалі від -6 до -9 характеризують атмосферу як нестабільну, в інтервалі $-6 < \text{LIFT} < -3$, як помірно нестабільну, $-3 < \text{LIFT} < 0$ як ту, що знаходиться на межі зі стабільністю. Якщо $\text{LIFT} > 0$, то атмосфера вважається стійкою, але при цьому потрібно пам'ятати, що слабка конвекція можлива і при значеннях LIFT, що змінюються в інтервалі від 0 до 3.

Іншим параметром, що оцінює не тільки статичну стабільність атмосфери, але і вологість на рівні 850 гПа (важливий фактор для розвитку блискавок в конвективних хмарах), є параметр TOTL.

$$\text{TOTL} = (T_{850} - T_{500}) + (T_{D850} - T_{500}) \quad (2)$$

де T_{850} – температура на рівні 850 гПа, °C; TD_{850} – температура точки роси на рівні 850 гПа.

Індекс TOTL одночасно характеризує і стійкість і вологозабезпеченість атмосфери в шарі від 850 до 500 гПа. Якщо значення індексу TOTL змінюється в межах 45-50 – можливий розвиток грози; 50-55 – ймовірність розвитку грози висока і можливі інтенсивні грози; 55-60 – над територією прогнозу найбільш ймовірні дуже сильні грози.

Параметр SWET є комплексним і об'єднує характеристики вологості і температури, а також швидкість, напрямок і зсув вітру на висотах 1,5 і 5,5 км (850 і 500 гПа).

$$SWET = 12 \times TD_{850} + 20 \times TERM_2 + 2 \times SKT_{850} + SKT_{500} + SHEAR \quad (3)$$

$$TERM_2 = MAX(TOTL - 49)$$

де - SKT_{850} і SKT_{500} - швидкість вітру в вузлах (1 вузол = 0,5 м/с) на рівнях 850 і 500 гПа відповідно. SHEAR – зсув вітру між рівнями 850 гПа і 500 гПа.

Одним із параметрів, що оцінюють ступінь розвитку конвекції, основаної на вертикальному градієнті температури і вертикальної протяжності шарів високої вологості є параметр K_{INX} :

$$K_{INX} = (T_{850} - T_{500}) + TD_{850} - (T_{700} - TD_{700}) \quad (4)$$

де T_{700} – температура на рівні 700 гПа, °C; TD_{700} – температура точки роси на рівні 700 гПа.

Якщо K_{INX} приймає значення менші ніж 30 °C, можливі з невисоким ступенем ймовірності грози. Значення $K_{INX} > 30$ °C свідчить про наявність потенціалу для розвитку грози. Якщо $K_{INX} \geq 40$ °C – ймовірність гроз велика.

Величина енергії нестійкості є незмінним предиктором в прогнозі небезпечних явищ, пов'язаних з конвекцією. Високий рівень потенціальної енергії атмосфери є невідмінною умовою того, що частинка, яка піднімається досягне значно більших висот, чим рівень вільної конвекції. Цю характеристику стану атмосфери достатньо ефективно характеризує параметр CAPE.

Вважається, що атмосфері характерна помірна нестійкість, якщо значення CAPE змінюється в межах від 0 до 1000 Дж/кг. Якщо значення CAPE знаходиться в межах від 1000 до 2500 Дж/кг, то атмосфера нестійка (вертикальні швидкості при цьому складають 50 м/с) і можна очікувати значний розвиток конвекції і пов'язаних з нею небезпечних явищ погоди. І

тільки при значеннях енергетичного потенціалу більших ніж 2500 Дж/кг атмосфери можна вважати вкрай нестійкою і здатною з високою ймовірністю породжувати грози.

В четвертій групі індексів присутні характеристики зсуву вітру: SWET, BRCH index.

$$SWET = 12 \times TD_{850} + 20 \times (TOTL - 49,0) + 2 \times SKT_{850} + SKT_{500} + SHEAR \quad (5)$$

де, TD_{850} – температура точки роси на рівні 850 гПа, °C; SKT_{850} – швидкість вітру в вузлах на рівні 850 гПа; SKT_{500} – швидкість вітру в вузлах на рівні 500 гПа;

$$SHEAR = 125 \times [\sin(DIR_{500} - DIR_{850}) + 0,2]$$

$$BRCH = CAPE / (0.5 \times U^2) \quad (6)$$

де, BRCH (коефіцієнт Річардсона) – CAPE, віднесений до величини зсуву вітру на висотах між 500 м і 6000 м.

По європейським розрахункам при значеннях індексу SWET, що перевищує 300 спостерігаються грози, а при значеннях більше 400 можливий розвиток торнадо; значення індексу BRCH від 10 Дж/кг до 45 Дж/кг асоціюється з розвитком обширної конвективної «суперкомірки» [19].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ФОРМУВАННЯ КОНВЕКТИВНИХ ЯВИЩ У КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ, 2011 - 2015 РР.

3.1 Аналіз режиму небезпечних конвективних явищ на території України

Узагальнення СГЯ на території України за двадцятиріччя 1986 – 2010 рр. наведено в роботах [1, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 18]. У зв'язку з тим, що СГЯ надзвичайно мінливі у часі та просторі, в міру накопичення метеорологічної інформації необхідно постійно її уточнювати. Насамперед слід відмітити, що за 2006 – 2010 рр. (779 випадків) відбулося збільшення стихійних метеорологічних явищ порівняно з усіма п'ятиріччями за весь попередній період (рис. 3.1).

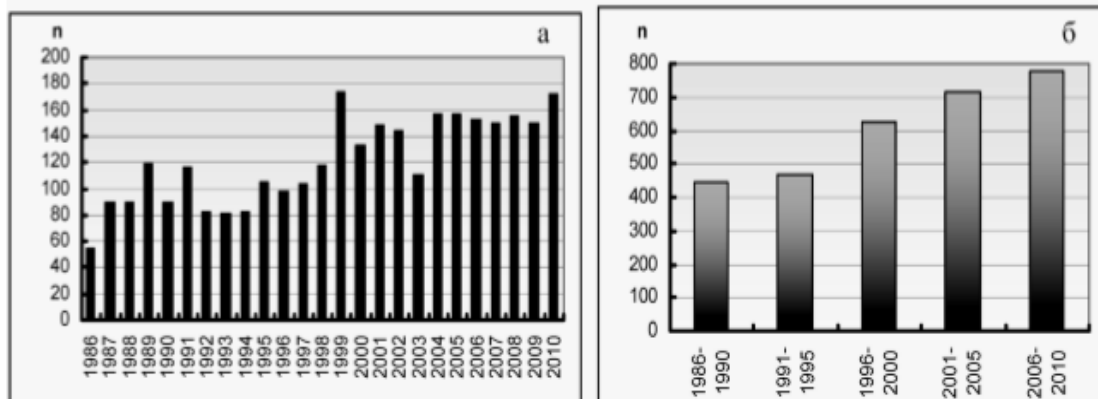


Рис. 3.1 - Кількість випадків (n) стихійних метеорологічних явищ в окремі роки (а) і п'ятиріччя(б) на території України [16].

Така значна їх кількість відмічалась за рахунок дуже сильного дощу (268 випадків), крупного граду (33), шквалу (43), сильної хуртовини (76), сильного туману (143), сильної ожеледі (30). В усі роки спостерігається найбільша кількість дуже сильного дощу (табл.3.1), якій є найбільш розповсюдженим стихійним гідрометеорологічним явищем в Україні. Він зумовлює катастрофічні зливи, селі, повені, затоплює значну територію сільськогосподарських угідь, помешкання і промислові приміщення, в

окремих випадках призводить до людських жертв і великих матеріальних збитків.

Таблиця 3.1 - Кількість випадків стихійних метеорологічних явищ в окремі роки і п'ятиріччя на території України [10].

Явище	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
Дуже сильний дощ	216	222	299	330	65	44	51	50	58	268
Крупний град	35	15	28	20	6	4	6	11	6	33
Сильний вітер	40	71	109	91	13	15	19	18	22	87
Шквал	26	25	44	26	7	11	10	7	9	43
Смерч	4	2	3	5		1	1			2
Сильна пилова буря	1					1			1	2
Сильна хуртовина	38	35	37	63	23	20	8	13	12	76
Сильний туман	24	57	17	51	26	26	31	27	33	143
Сильна ожеледь	10	3	14	11	1	6	8	5	10	30
Сильне налипання мокрого снігу	5	7	17	23	3	2	2	5	4	16
Дуже сильний снігопад	38	24	47	83	7	11	9	8	10	45
Складне сильне відкладення	6	6	11	13	1	8	8	6	9	34
Всього	443	467	626	716	152	150	154	150	173	779

середньому щорічно реєструється 53 випадки дуже сильного дощу. За досліджуваний період це явище спостерігалось в 3712 пунктах, що становить

53% від загальної кількості пунктів, де вони відмічались, тобто у середньому щорічно дуже сильний дощ буває в 148 пунктах, а в 2006 – 2010 рр. вони спостерігались у 1242 пунктах (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Кількість пунктів, охоплених СГЯ в окремі роки і п'ятиріччя на території України [10].

Явище	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
Дуже сильний дощ	659	445	682	684	231	167	499	103	242	1242
Дуже сильний снігопад	69	23	73	158	26	32	17	42	22	139
Крупний град	102	33	70	44	6	7	6	12	7	38
Сильний вітер	125	216	190	215	19	101	49	36	38	243
Шквал	58	39	63	28	8	11	12	7	8	46
Смерч	8	8	10	17		3	1			4
Сильна пилова буря	1					25				32
Сильна хуртовина	113	57	67	99	25	20	8	24	14	91
Сильний туман	33	69	18	56	58	66	69	76	91	360
Сильна ожеледь	35	4	55	12	1	6	9	5	12	33
Сильне налипання мокрого снігу	7	9	18	26	4	2	2	7	4	19
Складне сильне відкладення	6	6	18	14	1	10	8	6	9	34
Всього	1216	909	1264	1353	379	450	680	318	454	2281

Сильних злив (1986-2005 р.р.) зареєстровано 179 випадків. У середньому за рік відмічається 9 випадків на території 7 областей. Найбільше (81 випадок) сильних злив спостерігалось у перші п'ять років XXI ст. (2001-2005 рр.). Особливо значна кількість таких злив (по 21 випадку за рік) спостерігалась у 1999 і 2002 р.р. У ці роки вони були на території 12 і 13 областей відповідно. У Київській області відмічалось 9 випадків сильних злив (Дод. Б, табл. Б.1).

Сильні зливи фіксуються в основному в період із травня до серпня (табл. 3.3). З імовірністю 40% сильна злива спостерігається в Київській області. Згідно з наведеною інформацією, починаючи з 1996 р. кількість опадів 30 мм і більше за 1 год та менше та кількість пунктів, охоплених ними, значно збільшилась і утримується тенденція до їх подальшого збільшення.

Таблиця 3.3 – Повторюваність (кількість випадків, %) сильної зливи (30 мм і більше за 1 год та менше) в окремі місяці

Місяці	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Київська область			3	4	2	
Вся територія України, %	1,5	6,8	27,3	37,1	21,2	6,1

Град на території України випадає нерівномірно, проте можна виділити три типи його розподілу.

Тип I. Град відмічається на невеликих площах, найчастіше в одній області. Такий тип є переважним.

Тип II. Градобій має плямистий характер. Плями бувають дуже різної форми. Їх площа варіює від кількох десятків до кількох сотень квадратних кілометрів. Такий градобій може спостерігатися одночасно у кількох областях як поруч розташованих, так і віддалених на значну відстань. У середині плям, як правило, відмічається максимальна величина граду.

Тип III. Град випадає у вигляді смуг, ширина яких змінюється від сотні метрів до кількох кілометрів. В окремих випадках смуги досягають кількох сотень кілометрів і характеризуються найбільшою інтенсивністю. Розміри градових смуг і плям та їх різні поєднання, а також інтенсивність граду визначається параметрами градового центру у грозовій хмарі, що залежить від активності процесів градоутворення, метеорологічними умовами у

підхмарному шарі та характером підстильної поверхні. Завдяки неоднаковому прогріванню різних ділянок земної поверхні викликають висхідні (конвективні) потоки повітря, які сприяють утворенню градових хмар. Термічна конвекція зумовлена нестійкою стратифікацією атмосфери може розвиватися під час проходження фронтальних розділів. Найбільша інтенсивність розвитку градо-грозових центрів буває у разі збігання двох указаних процесів [16].

Здебільшого град спостерігається у теплий період року. У річному ході максимум повторюваності крупного граду припадає на літній сезон (рис. 3.2).

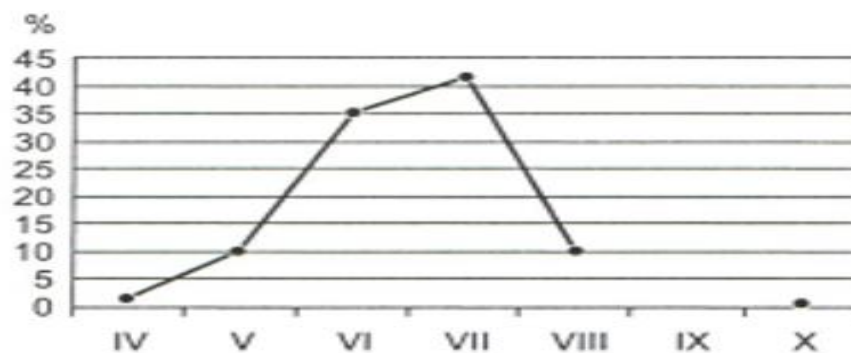


Рис. 3.2 – Повторюваність (%) крупного граду в окремі місяці [12].

Кількість випадків крупного граду Київської області в період 1996-2005 рр. склав 4 випадки на всю область (Дод. Б, табл. Б.2), в травні, червні, липні та жовтні. Найбільша кількість випадків з градом спостерігалася на території України з 1971-1975 р.р. - 93 випадка, з 1986-1990 р.р. - 35 випадків, з 2006-2010 р.р. - 33 випадки [8,16].

Шквал є переважно локальним явищем, тому окремими метеорологічними станціями фіксується досить рідко. У багатьох пунктах він взагалі не відмічається. Зона шквалу зазвичай займає незначну площу і найчастіше (близько 70%) відмічається в одному пункті, лише у 1% випадків шквал фіксується у 5-ти і більше пунктах.

За період з 1986 до 2005 рр. зафіксовано 121 випадок зі шквалом. У середньому за рік спостерігається 6 шквалів. Проте частота їх із року в рік зазнає значних коливань: від 2 випадків у 1990, 1992, 2005 рр. до 13 у 2000 [8, 16].

Найчастіше повторюваність шквалу у Дніпропетровській (16 випадків), Одеській (14 випадків), Хмельницькій (13 випадків), Київській (12 випадків)

областях (Дод. Б, табл. Б.5). У (81%) шквал відмічається в один і той же день в одній області, з 9%-ою ймовірністю – у двох областях.

Інколи (1%) шквал може охоплювати 4 області. Шквалова ситуація характеризується невеликими масштабами і має вигляд окремих локальних осередків, зосереджених переважно у західних областях, але можливих і у північних, південних та східних. Так, шквал 13 серпня 1992 р. відмічався у північних (Чернігівська, Сумська, Київська) областях (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Повторюваність (%) шквалу в один і той же день на території кількох областей [16]

Кількість областей			
1	2	3	4
81,3	8,9	8,9	0,9

Найбільша повторюваність шквалів в Київській області в період з 1986 по 2005 р.р. становила 12% і відзначалася в липні. А мінімальна повторюваність цих процесів зафіксована в лютому і листопаді, по 1%, відповідно (Дод. Б, табл. Б.6).

Шквал може спостерігатися на всій території України (рис. 3.3).

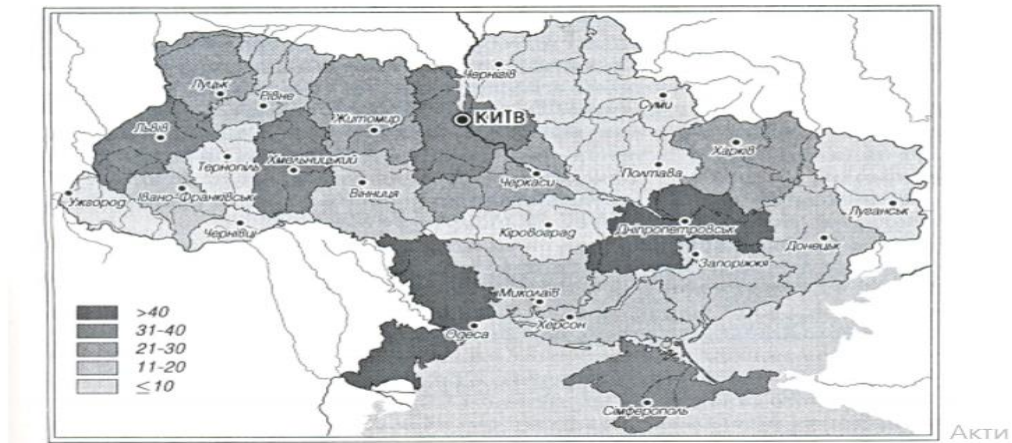


Рис. 3.3 – Повторюваність (%) шквалу за період 1986 – 2005 р.р. [16]

У Київській області спостерігається ймовірність шквалів 35-40 % - це одна з шквалонебезпечних областей, у який можна виділити шквалонебезпечні райони: Бориспіль та Вишгород.

Смерч. Виникнення вітру руйнівної сили пов'язано з інтенсивними макромасштабними атмосферними процесами, зумовленими вертикальною нестійкістю повітряної маси, яка характеризується збіжністю теплих і вологих потоків у нижній частині тропосфери і дивергенцією холодних і сухих потоків у верхніх шарах тропосфери. Це призводить до виникнення смерчів у теплий період року (табл. 3.5, рис. 3.4): найчастіше (44%) вони відмічалися у червні, менше (33%) – у липні, один раз за 10 років – у травні, а іноді (по 7%) у березні та серпні.

Таблиця 3.5 – Повторюваність (кількість випадків, %) смерчу в окремі місяці в Київській області [16]

Місяці	III	V	VI	VII	VIII
Київська область			1	4	
Уся територія України, %	7,0	9,3	44,1	32,6	7,0

У добовому ході смерчонебезпечна ситуація виникає у період максимального розвитку конвекції між 15 і 18 годинами. Тривалість окремого смерчу незначна і коливається від 1-2 до 10 хв і більше. Найчастіше (37%) смерч триває до 0,1 год. Смерчі з тривалістю 0,3-0,5 год відмічалися у 23%. Руйнівна сила смерчу визначення різних його параметрів (швидкості і напрямку вітру, атмосферного тиску та інш.) під час його проходження, приладу пошкоджуються, тому визначають їх побічними методами.

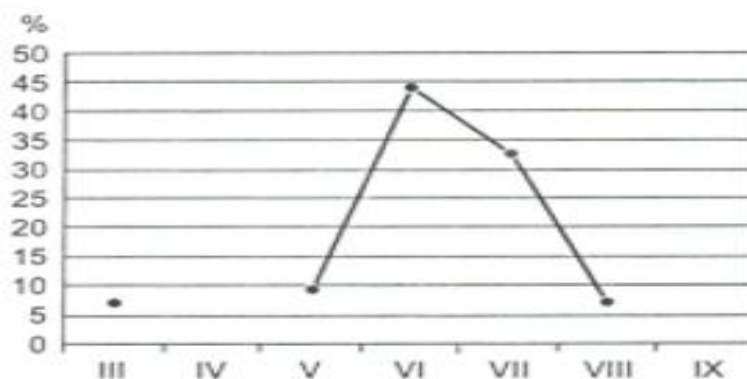


Рис. 3.4 – Повторюваність (%) смерчу на території України в окремі місяці [16]

Найбільша кількість пунктів (більше 10), де спостерігалися смерчі, розташована на сході Житомирської, півдні Київської, заході Черкаської північному сході Вінницької областей (рис. 3.5).



Рис. 3.5 – Розподіл смерчів на території України за рік [29]

Отже, за період (1986 – 2005 рр.) до району з найбільшою повторюваністю (1 раз на 6 років) смерчонебезпечної ситуації слід віднести Миколаївську область. Дещо менша ймовірність (1 раз на 10 років) проходження смерчу характерна для Житомирської, Київської, Одеської областей та АР Крим.

3.2 Оцінка кліматичної повторюваності небезпечних конвективних явищ на Київщині за 2011 - 2015 рр.

Стихійні явища характеризуються значною мінливістю в часі і просторі і відрізняються надзвичайною складністю і строкатістю, що призводить до великих ускладнень в їх дослідженні та необхідності удосконалення методики вивчення.

За багатьма стихійним метеорологічним явищам є вельми обмежена інформація. Це можна пояснити малою повторюваністю і труднощами їх реєстрації, так як частина явищ не потрапляє в поле зору спостережень через велику дискретність і швидкоплинність. Тому узагальнення стихійних метеорологічних явищ доцільно проводити не по окремих точках (пунктам), а для певних територій [4, 19].

Значний інтерес представляє вивчення часової динаміки стихійних метеорологічних явищ для встановлення закономірностей їх зміни від року

до року і виявлення років, п'ятиріччя і т.д., коли те чи інше явище повторювалося найбільш часто. Визначався внесок (у відсотках) того чи іншого явища в області в загальне число випадків, що спостерігалися на території Київщини.

Аналіз змін динаміки небезпечних конвективних явищ за досліджуваний період (з 2011-2015 рр.) на території Київської області показав, що шквал спостерігався у 29 випадках (табл. 3.6), найбільш активними роками по кількості випадків шквалу є 2012 та 2015 рр, по 12 та 11 випадків, відповідно [25, 27]. В інші роки спостерігалось не більше трьох випадків. Порівняно з періодом 1986-2005 р. – 12 випадків, в 2006-2010 рр (Дод. В, табл. В.9) кількість шквалів збільшилось практично в 4 рази, з 7 до 29 випадків (рис. 3.6).

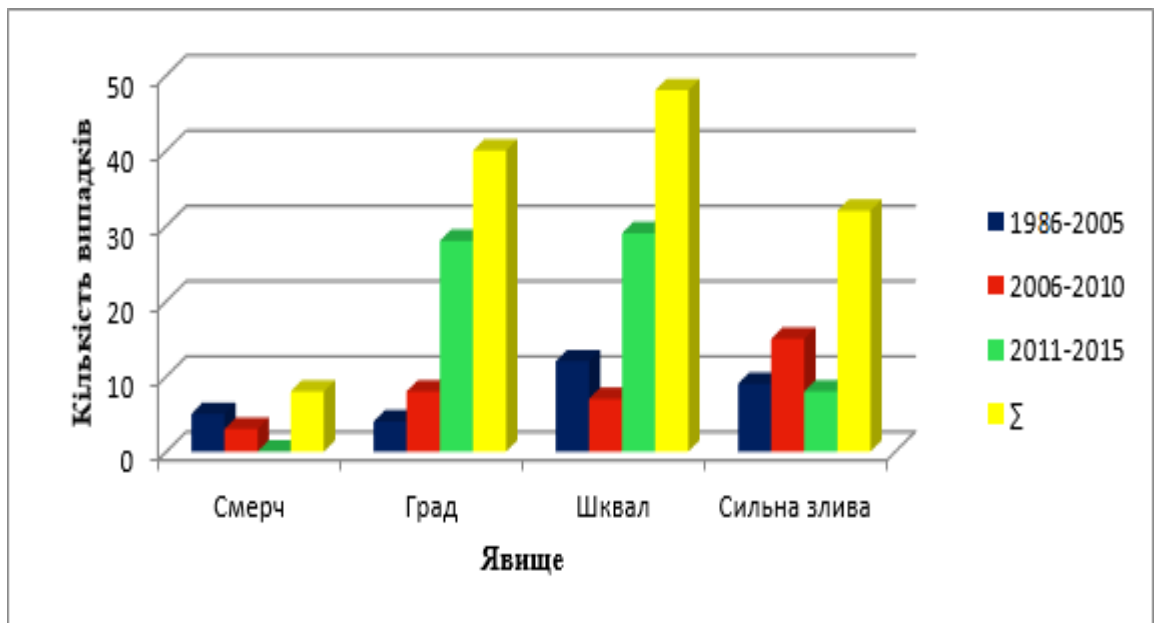


Рис. 3.6 - Кількість випадків небезпечних конвективних явищ в Київській області за період з 1986 до 2015 р.

На більшій частині території Київщини з 2011-2015 р.р. швидкість вітру під час шквалу становить 26-30 м/с (21%), у 38 % випадків досягає 21-25 м/с і у 41 % випадків - 30-33 м/с(табл. 3.7). Великі показники швидкості вітру зареєстровані в Києві (19.05.2014 р. в 20:30UTC) – 33 м/с, Синятке (13.08.2012 р. в 22:00UTC) - 33 м/с, Миронівка (15.07.2012 р. в 20:00 UTC) - 32 м/с.

Таблиця 3.6 - Повторюваність (кількість випадків) шквалу в період з 2011-2015 р.р. в Київській області

Пункт	Дата	Початок	Швидкість, м\с	Кількість випадків	Явище
Київ	09.02.2011	10:00	23	2	Шквал
Київ	04.06.2012	14:00	20	3	Шквал
Бородянка	10.06.2012	7:40	25	1	Шквал
Тетіїв	15.07.2012	20:00	30	1	Шквал
Тарган	15.07.2012	20:00	26	1	Шквал
Рокітне	15.07.2012	20:00	22	1	Шквал
Миронівка	15.07.2012	20:00	32	1	Шквал
Бровари	13.08.2012	22:00	25	1	Шквал
Синьятки	13.08.2012	22:00	33	1	Шквал
Білогородка	13.08.2012	22:00	26	1	Шквал
Бобрітса	13.08.2012	22:00	25	1	Шквал
Київ	28.04.2013	16:00	31	1	Шквал
Київ	19.05.2014	20:30	33	1	Шквал
Соснівка	03.06.2014	3:00	32	1	Шквал
Бориспіль	16.08.2014	15:50	24	1	Шквал
Київ	11.01.2015	19:00	25	3	Шквал
Пушча-Водиця	11.01.2015	19:00	23	1	Шквал
Київ	16.04.2015	9:00	28	2	Шквал
Переяслав-Хмельницький	16.04.2015	9:00	31	1	Шквал
Устіївка	16.04.2015	10:00	30	1	Шквал
Потіївка	16.04.2015	10:00	29	1	Шквал
Київ	15.05.2015	12:00	23	1	Шквал
Запруддя	01.07.2015	15:00	25	1	Шквал

Таблиця 3.7 – Повторюваність шквалу у Київській області в кожному пункті спостереження в окремі роки та п'ятиріччя за період 2011-2015 рр.

Пункт/роки	2011	2012	2013	2014	2015	2011-2015
Київ	2	3	1	1	6	13
Бородянка		1				1
Тетіїв		1				1
Тарган		1				1
Рокітне		1				1
Миронівка		1				1
Бровари		1				1
Синьятки		1				1
Білогородка		1				1
Бобритса		1				1
Соснівка				1		1
Бориспіль				1		1
Пушча-Водиця					1	1
Переяслав-Хмельницький					1	1
Устінівка					1	1
Потіївка					1	1
Запруддя					1	1
Σ	2	12	1	3	11	29

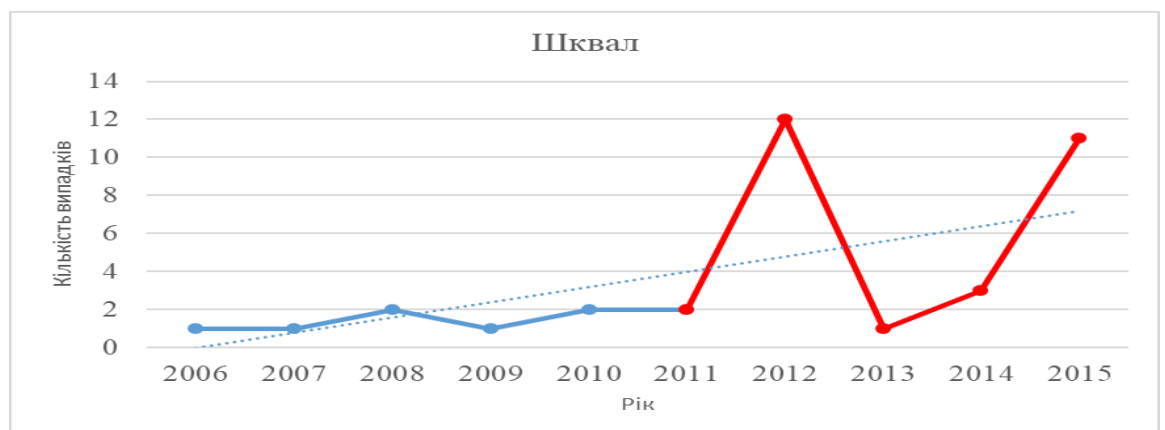


Рис 3.7 – Кількість випадків шквалу за період 2006-2015 рр. на території Київської області.

На рисунку 3.7 видно, що середня кількість випадків шквалу за період 2006-2010 рр. не перевищував 2 випадки на рік, а за період 2011-2015 рр. кількість випадків досягала 12 на рік, а мінімальна кількість – 1 на рік.

За попереднє п'ятиріччя (2006-2010 рр) (рис. 3.7) на досліджуваній території спостерігалось 7 ситуацій із шквалами [10], при яких максимальні швидкості вітру відмічались в Яготині (22.02.2009 р) – 49 м/с та Чорнобилі (25.12.2008 р) - 47 м/с. Найбільша кількість шквалів також було зафіксовано в Яготині – 4 випадки (Дод. В, табл. В.1).

Розподіл шквалу по території Київської області за розглянутий період (рис. 3.8) досить однорідний. Шквали відмічались по всій території.

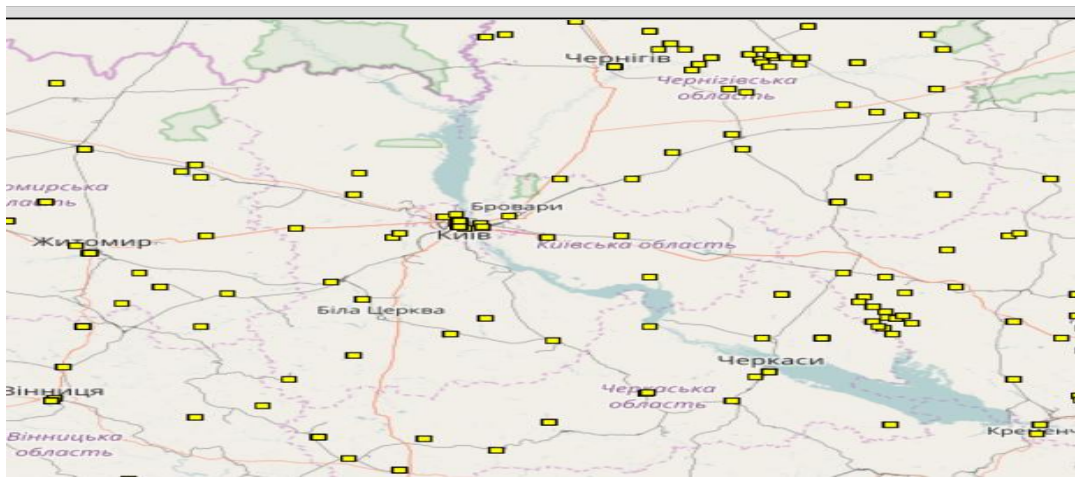


Рис. 3.8 - Розподіл шквалів на території Київської області за період 2011-2015 рр. [29].

Отже, за останні 10 років згідно з проведеними дослідженнями простежується тенденція до збільшення кількості випадків зі шквалами і розширення площ охоплених цим явищем, що можливо пов'язано з виникненням змін циркуляційних процесів (перехід на західну форму циркуляції). Це спричинює активізацію атлантичних циклонів, які проникаючи на материк поступово поглиблюються, що призводить до збільшення баричних градієнтів і насамперед посилення вітру до шквалистого.

Град на території Київської області, також як і на всей Україні, випадає нерівномірно і спостерігався у 28 випадках, найбільш активними роками по кількості випадків граду є 2014 р. – 15 та 2011 р. – 7 випадків,

відповідно (рис. 3.9). В інші роки спостерігалось більш 4 випадків (табл. 3.8- 3.9).

Таблиця 3.8 - Повторюваність (кількість випадків) граду в період з 2011-2015 рр. в Київській області

Пункт	Дата	Початок	Величина	Явище
Миронівка	01.04.2011	11:00		Град
Миронівка	10.04.2011	11:00		Град
Біла Церква	10.04.2011	14:00		Град
Київ	11.04.2011	5:00		Град
Київ	11.04.2011	11:00		Град
Миронівка	11.04.2011	14:00		Град
Миронівка	14.05.2011	14:00		Град
Гребельки	22.04.2012	14:00	25 мм	Град
Біла Церква	05.06.2012	8:00		Град
Київ	03.10.2013	14:00		Град
Біла Церква	16.05.2014	21:00	40 мм	Град
Шамраївка	16.05.2014	21:00	30 мм	Град
Ірпінь	16.05.2014	21:00	20 мм	Град
Переяслав-Хмельницький	17.05.2014	17:40	20 мм	Град
Ровжі	18.05.2014	18:00	20 мм	Град
Іванків	19.05.2014	18:45	20 мм	Град
Котов	07.06.2014	12:00	35 мм	Град
Чабани	07.06.2014	12:00	35 мм	Град
Теремки	07.06.2014	12:20	20 мм	Град
Чапаївка	07.06.2014	13:00	20 мм	Град
Саварка	07.06.2014	13:30	30 мм	Град
Корнеевка	07.06.2014	15:00	20 мм	Град
Лісовічі	07.06.2014	15:00	30 мм	Град
Біла Церква	07.06.2014	16:30	30 мм	Град
Святошин	21.07.2014	12:30	50 мм	Град
Протсев	21.07.2014	12:45	40 мм	Град
Біла Церква	02.04.2015	11:00		Град
Біла Церква	02.04.2015	14:00		Град
Тетерев	04.04.2015	14:00		Град

Таблиця 3.9 – Повторюваність граду на Київській області в кожному пункті спостереження в окремі роки та п'ятиріччя за період 2011-2015 рр.

Пункт/роки	2011	2012	2013	2014	2015	2011-2015
Миронівка	4					4
Біла Церква	1	1		2	2	6
Київ	2		1			3
Гребельки		1				1
Шамраївка				1		1
Ірпінь				1		1
Переяслав-Хмельницький				1		1
Ровжі				1		1
Іванків				1		1
Котов				1		1
Чабани				1		1
Теремки				1		1
Чапаївка				1		1
Саварка				1		1
Лісовічі				1		1
Святошин				1		1
Протсев				1		1
Тетерев					1	1
Σ	7	2	1	15	3	28

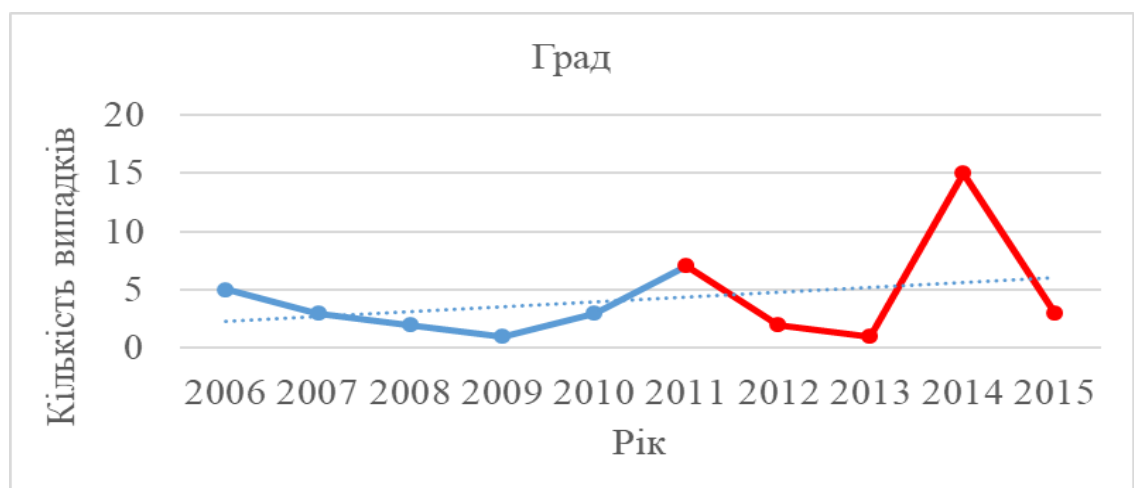


Рис 3.9 – Кількість випадків граду за період 2006-2015 рр. на території Київської області.

У порівнянні з періодом з 1986 по 2005 р.р. (Дод. Б, табл. Б.2-Б.3) кількість випадків з градом збільшилася в 7 разів, з 4 до 28, а в період з 2006-

2010 рр. (Дод. В, табл. В.3) більш ніж в 3 рази. Така динаміка свідчить, що відбулося збільшення кількості градонебезпечних ситуацій порівняно з усіма п'ятиріччями за весь попередній період. Максимальна кількість випадків граду на рік за період 2006-2010 рр. склала 5 випадків, мінімальна – 1, а за період 2011-2015 рр. максимальна – 15, мінімальна – 1. Найбільш великий град спостерігався в Святошині (21.07.2014 р. в 12:30 UTC), його діаметр склав 50 мм, Білої Церкви (16.05.2014 р. в 21:00 UTC) – 40 мм та Протсеві (21.07.2014 р. в 12:45 UTC) – 40 мм. Таким чином, порівняно з попередніми роками (Дод. Б, табл. Б.4), кількість граду діаметром 21-30 мм збільшилось в 3 рази (з 3 до 12 випадків), град діаметром 31-40 мм спостерігався 4 рази за період з 2011-2015 рр. (табл. 3.9), а град діаметром 41-50 мм був зафіксований по 1 разу в ці періоди.

Очевидно, що в останнє десятиліття в Київській області збільшилась кількість градонебезпечних випадків, що відповідає тенденції до загального зростання кількості та інтенсивності екстремальних метеорологічних явищ, які спостерігаються в ХХІ столітті, як на території України так і на всій земній кулі [13].

Сильні зливи (2011-2015 рр.) на території Київської області, спостерігались у кількості 8 випадків (табл. 3.10-3.11), що порівняно з попереднім п'ятиріччям (Дод. В, табл. В.4) в два рази менше (14 випадків за період 2006-2010) та практично однакова кількість сильних злив спостерігалась з 1986 до 2005 р. – 9 випадків.

Таблиця 3.10 - Повторюваність (кількість випадків) сильної зливи в період з 2011-2015 рр. в Київській області

Пункт	Дата	Початок	Кільк. опадів, мм	Кільк. випадків	Явище
Яготин	01.06.2011	6:00	56 мм	1	сильна злива
Миронівка	12.07.2011	18:00	56 мм	1	сильна злива
Київ	06.06.2012	15:30		1	сильна злива
Тетерів	13.08.2012	18:00	55 мм	1	сильна злива
Тетерів	13.08.2012	20:00		1	сильна злива
Фастів	19.05.2014	21:00		1	сильна злива
Ірпінь	01.06.2014	16:30		1	сильна злива
Васильків	03.06.2014	2:30		1	сильна злива

Максимальна кількість опадів спостерігалась на станціях (Рис.3.10) Яготин (01.06.2011 р.) – 56 мм/12 год., Миронівка (12.07.2011 р.) – 56 мм/12 ч., Тетерів (13.08.2012 р.) – 55 мм/12 год. В період з 2006-2010 рр. найбільша кількість опадів було зафіксовано в Тетереві (13.02.2010 р.) – 142 мм/12 год. (Дод. Б, табл. Б.11) та Чорнобилі (06.10.2008 р.) – 98 мм/12 год.

Таблиця 3.11 – Повторюваність сильної зливи на Київській області в кожному пункті спостереження в окремі роки та п'ятиріччя за період 2011-2015 рр.

Пункт/роки	2011	2012	2013	2014	2015	2011-2015
Яготин	1					1
Миронівка	1					1
Київ		1				1
Тетерів		2				2
Фастів				1		1
Ірпінь				1		1
Васильків				1		1
Σ	2	3		3		8



Рис 3.10 – Кількість випадків сильної зливи за період 2006-2015 рр. на території Київської області.

На рисунку 3.10 видно, що максимальна кількість випадків сильної зливи на рік за період 2006-2010 рр. склала 4 випадку, мінімальна – 1, а за період 2011-2015 рр. максимальна – 7 випадків.

Кількість смерчів на території Київської області в 2006-2010 рр. склала 3 випадки (табл. 3.12)[10], що на 2 випадки менше ніж в попередній період. Слід відзначити, що в останні п'ять років (2011-2015 рр.) смерчі жодного разу не спостерігались в Київській області. Однак, відмічались два випадки проходження смерчу на кордоні Чернігівській та Київської областей (рис. 3.11).

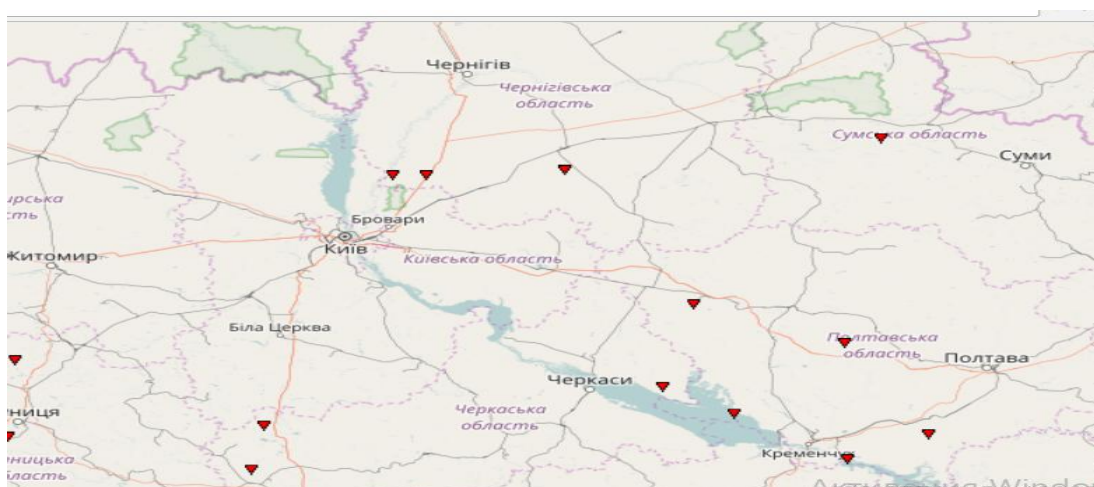


Рис. 3.11 – Смерчі, зафіксовані на території Центральної України за період 2011-2015 рр. [29]

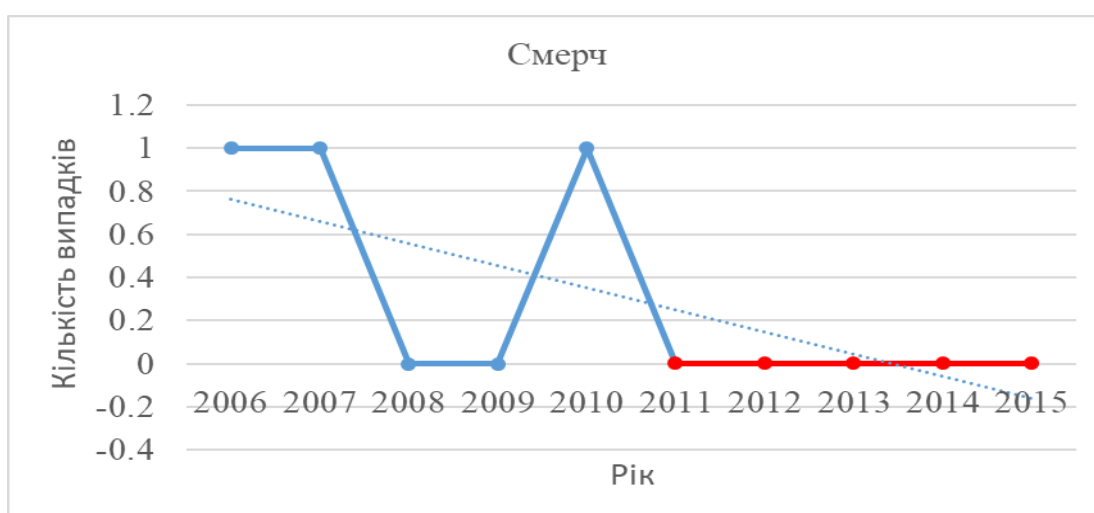


Рис 3.12 – Кількість випадків смерчу за період 2006-2015 рр. на території Київської області.

Таблиця 3.12 – Повторюваність (кількість випадків) смерчів в Київській області. 2006-2010 рр. [10]

Явище\Роки	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
Смерч	1	1			1	3

На рисунку 3.12 видно, що максимальна кількість зафіксованих випадків смерчу на рік за період 2006-2010 рр. – 1 випадок, а за період 2011-2015 рр. смерчів не спостерігалось.

Таким чином, у Київській області за весь досліджуваний період з 2011-2015 рр. (табл. 3.13) спостерігалось в середньому 65 випадків СГЯ, що вдвічі більше, ніж у попереднє десятиліття з 2006 по 2010 рр – 33 випадка та 1996-2005 – 30 випадків, відповідно. Така значна їх кількість відмічалась за рахунок дуже крупного граду (28) та шквалу (29).

Таблиця 3.13 – Повторюваність (кількість випадків) небезпечних конвективних явищ в Київській області за період з 1996 по 2015 рр.

Явище\Роки	1996-2005	2006-2010	2011-2015
Смерч	5	3	0
Град	4	8	28
Сильна злива	9	14	8
Шквал	12	7	29
Σ	30	33	65

Очевидно, що наприкінці ХХ – на початку ХХІ ст. у період найбільш інтенсивного потепління клімату в Україні спостерігається тенденція до зменшення повторюваності однорідних повітряних мас і зростання повторюваності фронтальних зон, що призводить до збільшення інтенсивності та кількості небезпечних конвективних явищ, в тому числі і на території Київської області.

3.3 Циркуляційні умови виникнення стихійних конвективних явищ на території Київської області, 2011 – 2015 рр.

У роботі проведено дослідження синоптичних умов формування злив, граду, шквалів та смерчів, які спостерігалися одночасно не менше ніж в трьох синоптико-кліматичних районах, тобто конвективних явищ, які займали значну частину території Київської області. На основі аналізу синоптичних карт і супутникових знімків виділені синоптичні ознаки атмосферних процесів, що супроводжувалися зазначеними явищами.

Встановлено, що шквали локального характеру в більшості випадків мають фронтальну природу. У холодний період року вони найчастіше пов'язані зі зміщенням пірнаючих і західних циклонів, які перебувають в стадії оклюдірованія (21%), в теплий період - з проходженням мезомасштабних конвективних комплексів (МКК), що формуються на основних атмосферних фронтах з хвилями - (30-40%) (табл. 3.14).

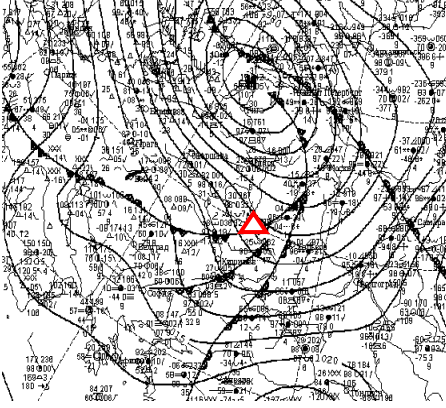
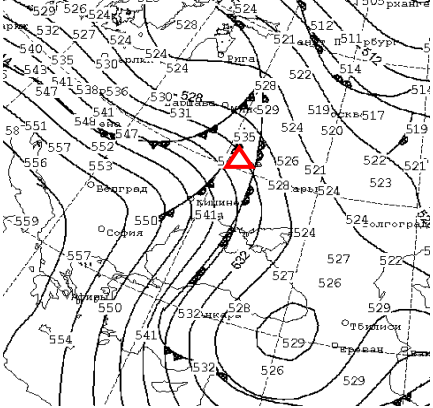
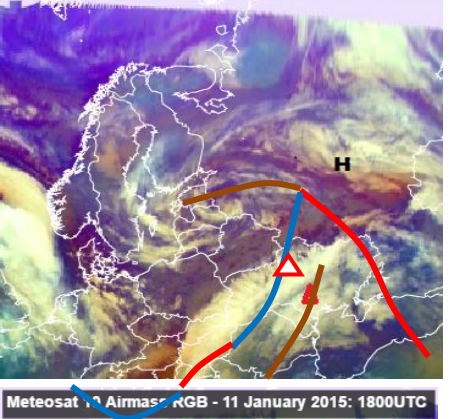
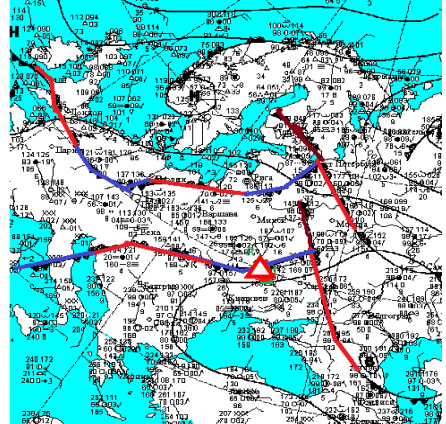
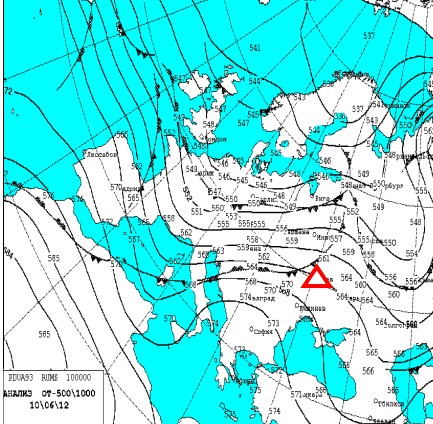
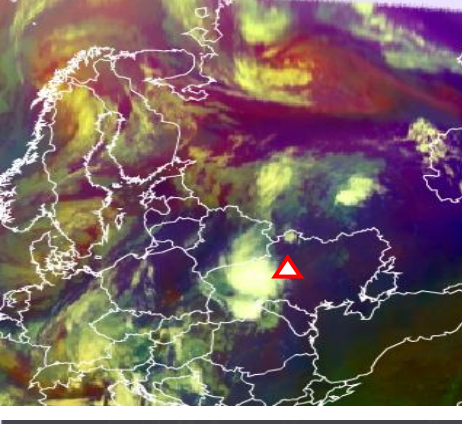
Досить часто (близько 30%) шквалові ситуації формувалися в центральній частині циклонів, що змістилися на територію Київської області з південного сходу. Сприятливі умови (20%) для утворення шквалів, що займають значну площу території області, існують при наявності малоградієнтних баричних полів підвищеного атмосферного тиску в нижній і середній тропосфері та термічної угловини на рівні АТ-500 гПа.

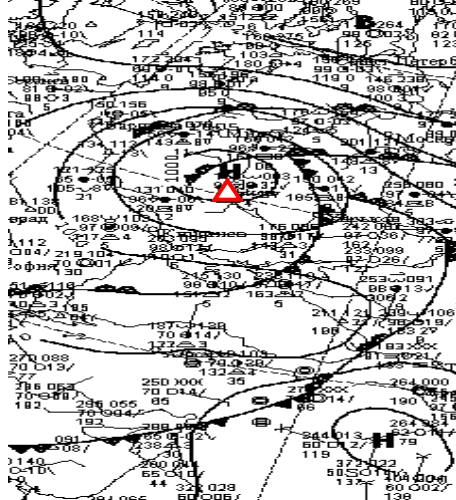
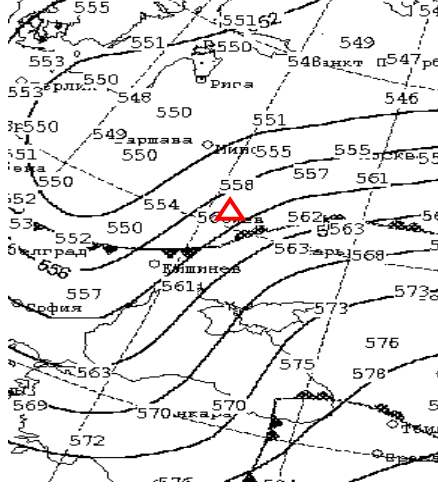
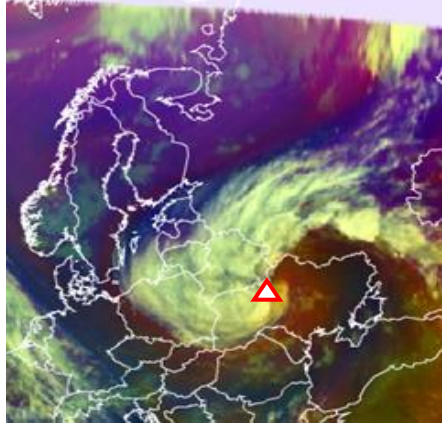
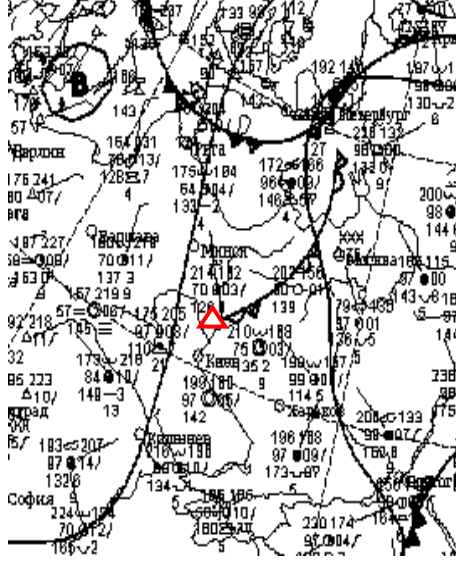
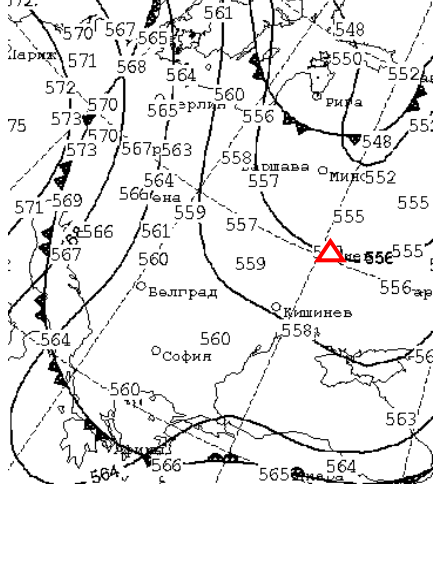
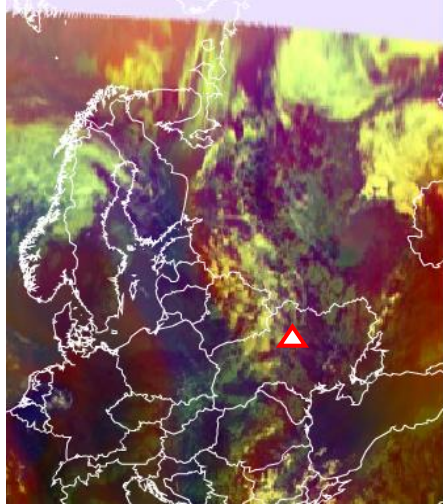
Град реєструвався в (25%) на південно-західній периферії циклону в зоні великих баричних градієнтів, а найбільш крупний град (40-50 мм 21.07.2014 р) спостерігався на ХФ при зміщенні з південно-заходу оклюдованого циклону (табл. 3.15).

Також град випадав при проходженні мезоциклонів, які виникали на хвилях холодного фронту та в малоградієнтних баричних полях при знаходженні в них динамічно значущих атмосферних фронтів.

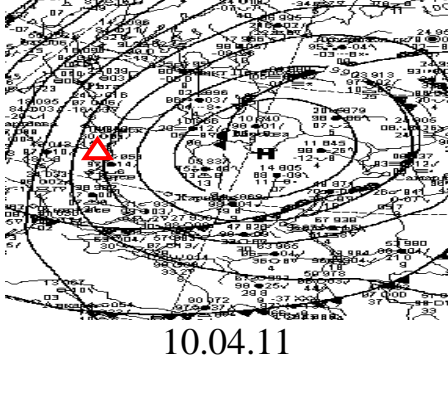
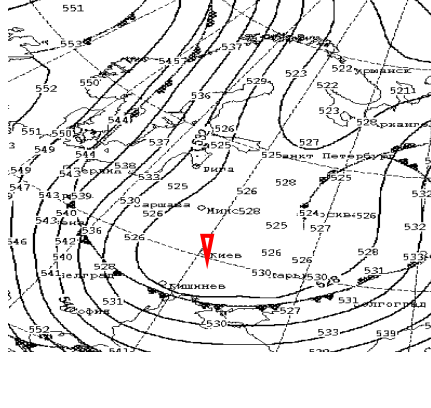
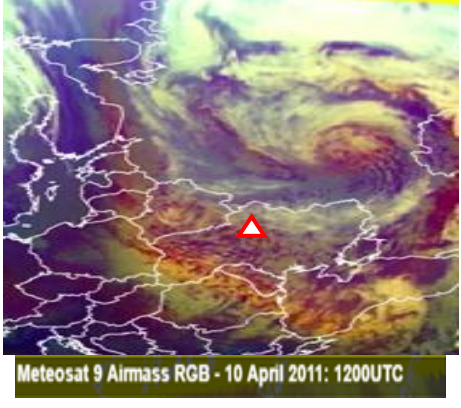
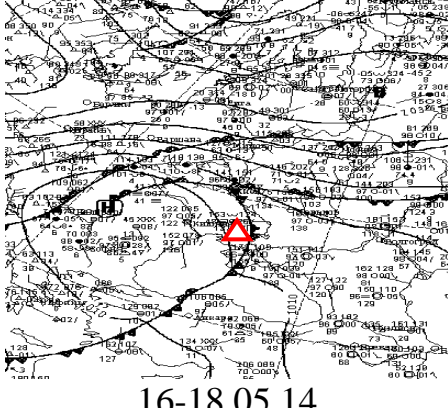
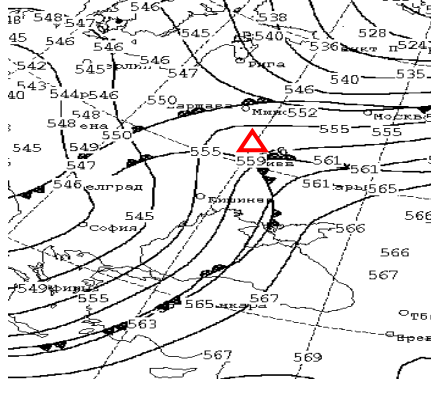
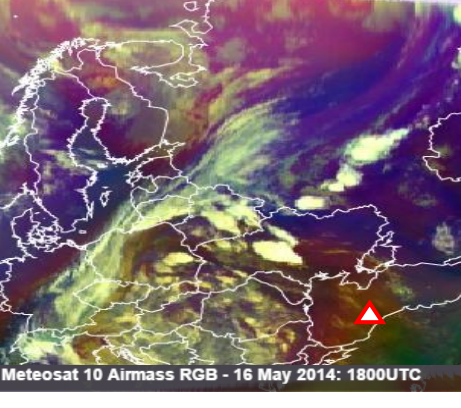
Сильні зливи також спостерігалися на території Київської області в центральних частинах циклонів і на активних холодних фронтах з хвилями, які проходили в улоговинах та малоградієнтних баричних полях (табл. 3.16).

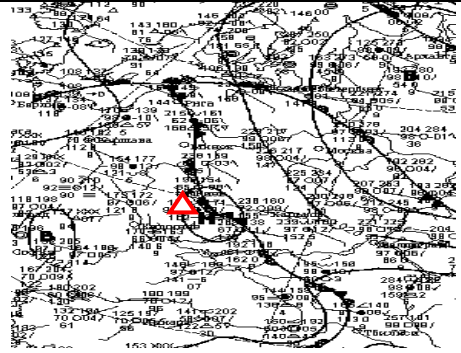
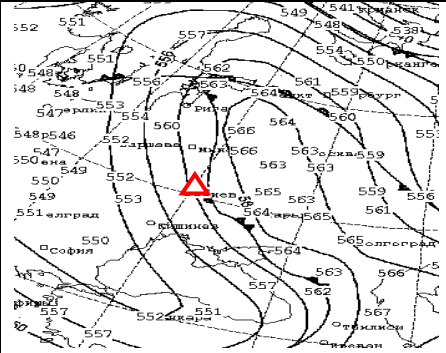
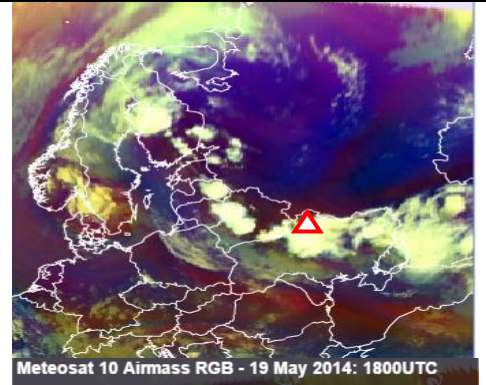
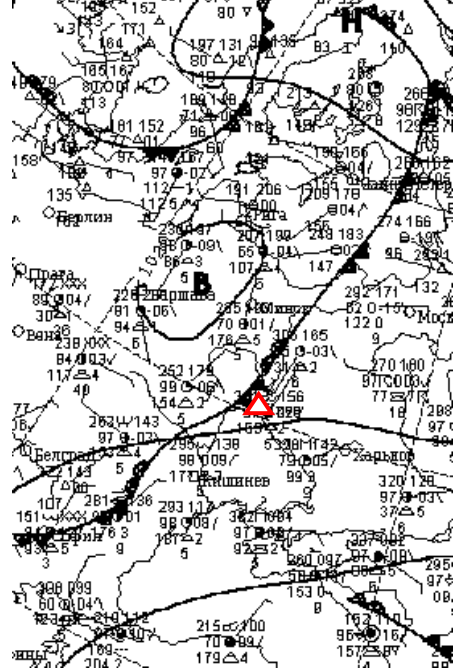
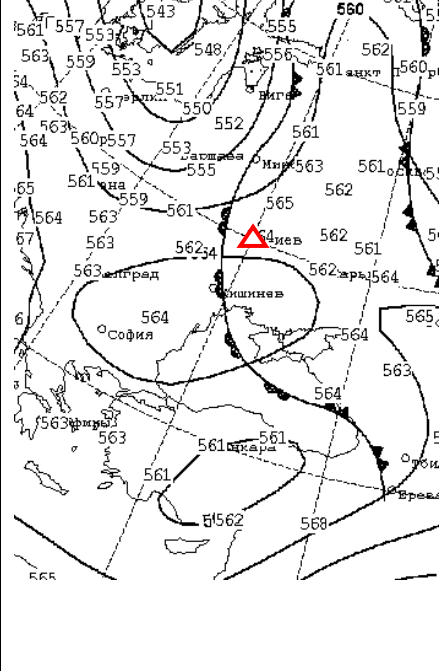
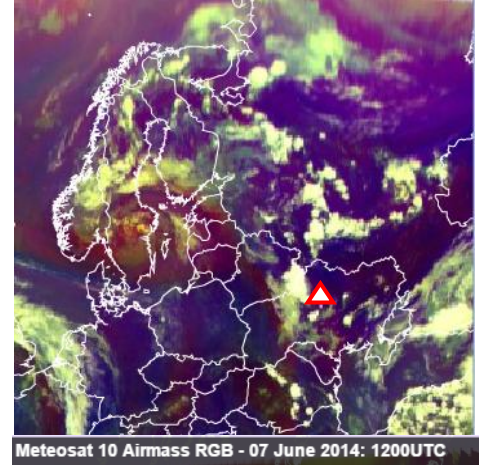
Таблиця 3.14 - Характерні особливості синоптичних умов утворення шквалу в Київській області в 2011-2015 рр.

Синоптичні умові	Особливості термобаричного поля	Приземне поле тиску	OT- 500/1000	Вид на супутникових знімках
Теплий сектор циклону, орієнтовано го з ПнЗ, ФО	Меридіонально направлена ВФЗ, інтенсивність 20-24 дам/1000 км, передня частина висотного гребня	 <p>11.01.15</p>		 <p>Meteosat 9 Airmass RGB - 11 January 2015: 1800UTC</p>
МКК, які формуються на основних атмосферних фронтах з хвилями	Інтенсивна широтно спрямована ВФЗ (16-20 дам/ 1000 км) мезоциклон в шарі Земля-700 гПа.	 <p>10.06.12</p>	 <p>500hPa 1000hPa 10.06.12</p>	 <p>Meteosat 9 Airmass RGB - 10 June 2012: 0600UTC</p>

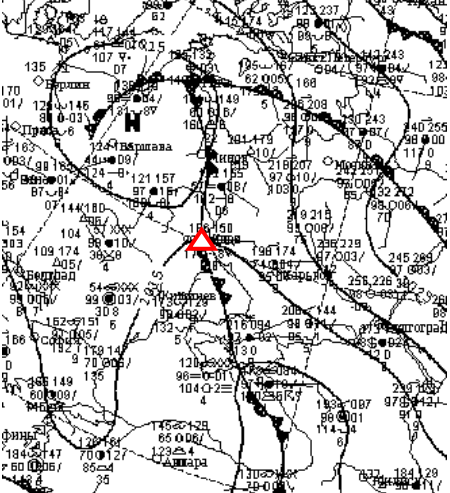
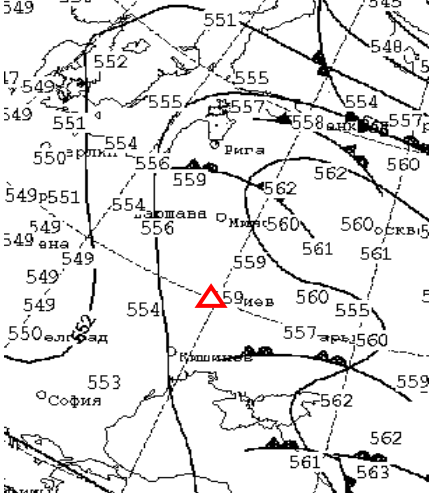
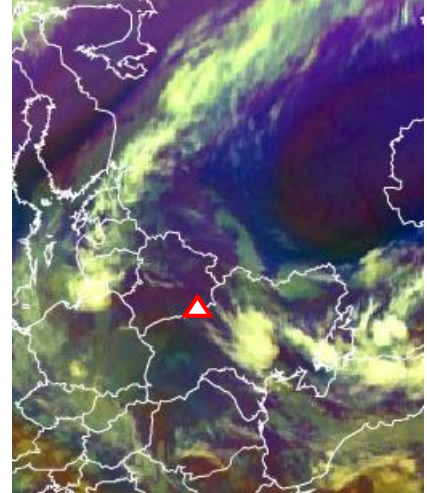
<p>Центр циклону</p>	<p>Передня частина баричної улоговини над ЕТР, інтенсивність ВФЗ 20 дам/1000 км</p>	 <p>13.08.12</p>		 <p>Meteosat 9 Airmass RGB - 13 August 2012: 1800UTC</p>
<p>Малоградентне баричне поле</p>	<p>Відсутність зони бароклінності та високих температурних градієнтів на карті АТ-850 гПа.</p>	 <p>1.07.15</p>		 <p>Meteosat 10 Airmass RGB - 01 July 2015: 1200UTC</p>

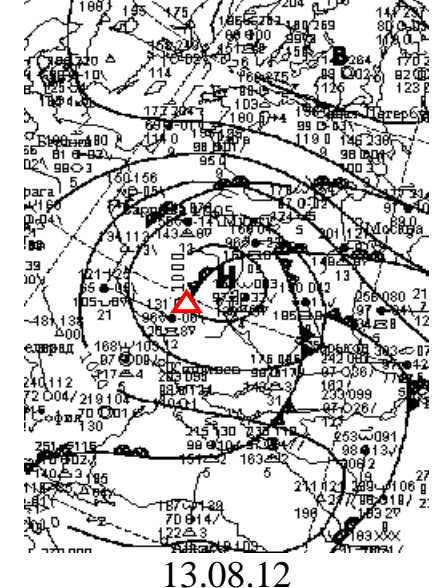
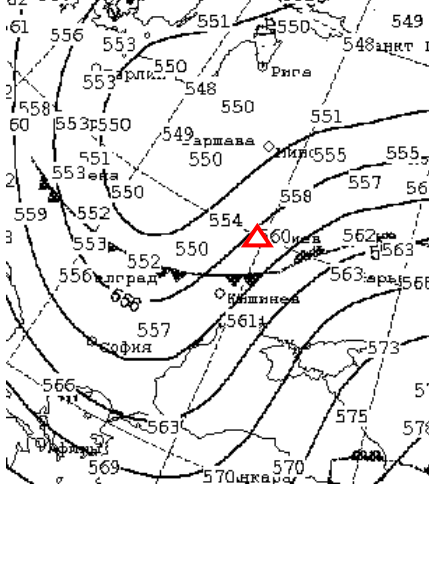
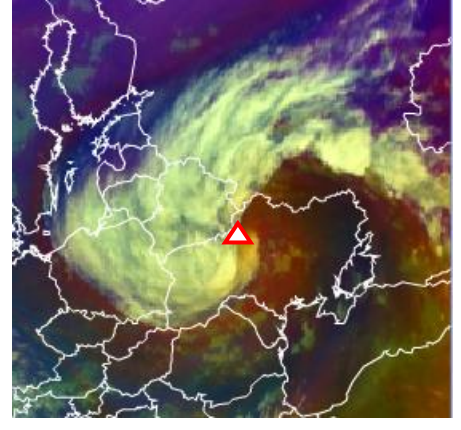
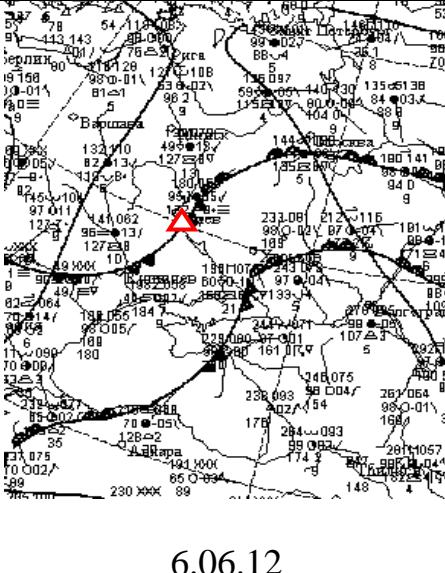
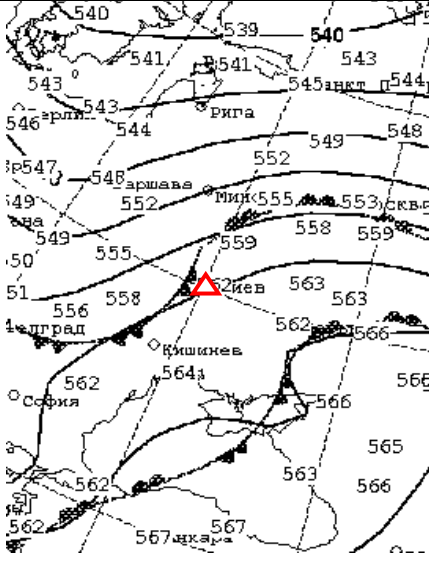
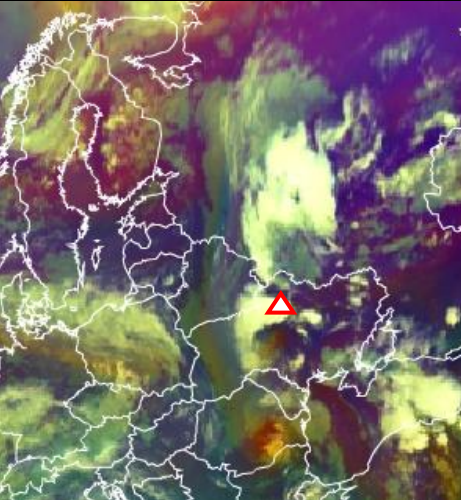
Таблиця 3.15 - Характерні особливості синоптичних умов утворення граду в Київській області в 2011-2015 рр.

Синоптичні умові	Особливості термобаричного поля	Приземне поле тиску	OT- 500/1000	Вид на супутникових знімках
ПдЗ периферія циклону, штормова зона	Вісь висотної улоговини	 <p>10.04.11</p>		 <p>Meteosat 9 Airmass RGB - 10 April 2011: 1200UTC</p>
Циклон з двома системами АФ, ФО 40 мм 30 мм 20 мм 50 мм 40мм (21.07.14)	Хвильове збурення в області ВФЗ, інтенсивна адвекція холоду в нижній та середній тропосфері та тепла на висотах, дивергенція повітряного потоку	 <p>16-18.05.14</p>		 <p>Meteosat 10 Airmass RGB - 16 May 2014: 1800UTC</p>

<p>Мезоциклон, який формується на хвилі ХФ</p>	<p>Передня частина висотної улоговини</p>	 <p>19.05.14</p>		 <p>Meteosat 10 Airmass RGB - 19 May 2014: 1800UTC</p>
<p>Малоградінне баричне поле, АФ з хвилями. (20-30 мм, в 7 пунктах області)</p>	<p>Центральна частина висотної улоговини, центр холоду</p>	 <p>7.06.14</p>		 <p>Meteosat 10 Airmass RGB - 07 June 2014: 1200UTC</p>

Таблиця 3.16 - Характерні особливості синоптичних умов утворення сильного дощу (50 мм/ 12 год) в Київській області в 2011-2015 рр.

Синоптичні умові	Особливості термобаричного поля	Приземне поле тиску	OT- 500/1000	Вид на супутникових знімках
<p>Улоговина з хвильовим ХФ 12.07.11 56 мм</p>	<p>Посилення термічного гребня</p>	 <p>03.06.14</p>		 <p>Meteosat 10 Aimass RGB - 03 June 2014: 0000UTC</p>

<p>Центр циклону з 3 системами АФ</p> <p>55 мм</p>	<p>Передня частина баричної улоговини, інтенсивність ВФЗ 20 дам/1000 км</p>	 <p>13.08.12</p>		 <p>Meteosat 9 Airmass RGB - 13 August 2012: 1800UTC</p>
<p>Малоградєнтне баричне поле, хвиля на арктичному фронті</p>	<p>Хвилеподібна деформація інтенсивної ВФЗ (20 дам/1000 км)</p>	 <p>06.06.12</p>		 <p>Meteosat 9 Airmass RGB - 06 June 2012: 1800UTC</p>

З 16 по 18 травня та 21 липня 2014 року спостерігається найбільш інтенсивні випадки з градом. У середній тропосфері спостерігається хвильове збурення в області ВФЗ, інтенсивна адвекція холоду в нижній та середній тропосфері та тепла на висотах, дивергенція повітряного потоку. Над територією України розташовується циклон, в якому проходить дві близько розташовані системи атмосферних фронтів (полярний та арктичний). В цей період спостерігалась в різні строки інтенсивні випадіння граду діаметром від 20 до 50 мм. Таким чином дані ситуації можуть відноситись до гідрометеорологічних явищ конвективного характеру.

Найбільш інтенсивні ливні за досліджуваний період були зафіксовані 12 липня 2011 року в пункті Миронівка, а кількість опадів досягала 56 мм. Баричне поле було представлено улоговиною, в якій проходив полярний холодний фронт з хвилями. Такі сильні зливи спостерігались 12 серпня 2012 року, коли територія України знаходилася під впливом оклюдованого циклону, центр якого розташовувався над Києвом. Кількість опадів досягала 55 мм.

3.4 Аналіз синоптичної ситуації та розрахунок індексів конвективної нестійкості в районі Києва 10.06.2016 р.

Аналіз приземних (рис. 3.13), кільцевих карт погоди (рис. 3.18-3.20) і висотних карт (рис. 3.14-3.15), ОТ-500/1000 (рис. 3.17), даних вертикального зондування атмосфери і супутникових знімків говорить про те, що 10.06.12р, як слідство адвекції теплого повітря з південного сходу і холодного з півночі, на активній гілці полярного фронту, що проходить через північ Італії і далі на північний схід на Україну, сформувалася серія циклонів.

Територія України перебувала під впливом ВФЗ, в зоні великих баричних градієнтів. 10.06.12 р (01.00 UTC) в районі Угорщини відбулося злиття двох найбільш активних циклонів в один циклонічний вихор і зміщення його на північний схід зі швидкістю 75 км / ч. До 07.00 UTC циклон перебував уже над районами Полісся і придбав форму спіралі, що нагадує зовнішнім виглядом гігантську кому, вершина якої знаходиться в

центрі циклонічної циркуляції на рівні хмарності, така форма хмарної зони відповідає фронту оклюзії. Таким чином, продовжуючи зміщуватися на північний схід, з 08.00 до 11.00 UTC циклон проходив по території Київської області. По всій західній та північній частині України на 10.06.12 г випущено штормове сповіщення (рис. 3.21). Відзначені 10-бальна купчасто-дощова хмарність (НГО 950 м, ВГО 11000 м), шквал, гроза, зливовий дощ.

Дані аерологічної діаграми (АД) за 00 UTC 10.06.12 г на ст. Київ (рис. 3.22-3.23). свідчать про наявність нестійко стратифікованої повітряної маси у всій товщі тропосфери від поверхні 850 гПа (1500 м) до 270 гПа (11300 м), що, у свою чергу, призвело до виникнення інтенсивних висхідних рухів і формуванню потужної купчасто-дощової хмарності, зливових опадів і гроз. У землі на ст. Київ спостерігалася приземна інверсія, нижня межа якої знаходилася на висоті 100 м, товщина інверсійного шару склала 300 м, вертикальний градієнт температури в шарі інверсії (γ) - $1,44^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$., Швидкість вітру у землі - 3 м/с, напрямом 220° (ПдЗ). На верхній межі затримуючого шару (400 м) швидкість вітру склала 10 м / с, що свідчить про суттєве розділення потоків по вертикалі і утворення значних вертикальних зрушень вітру.

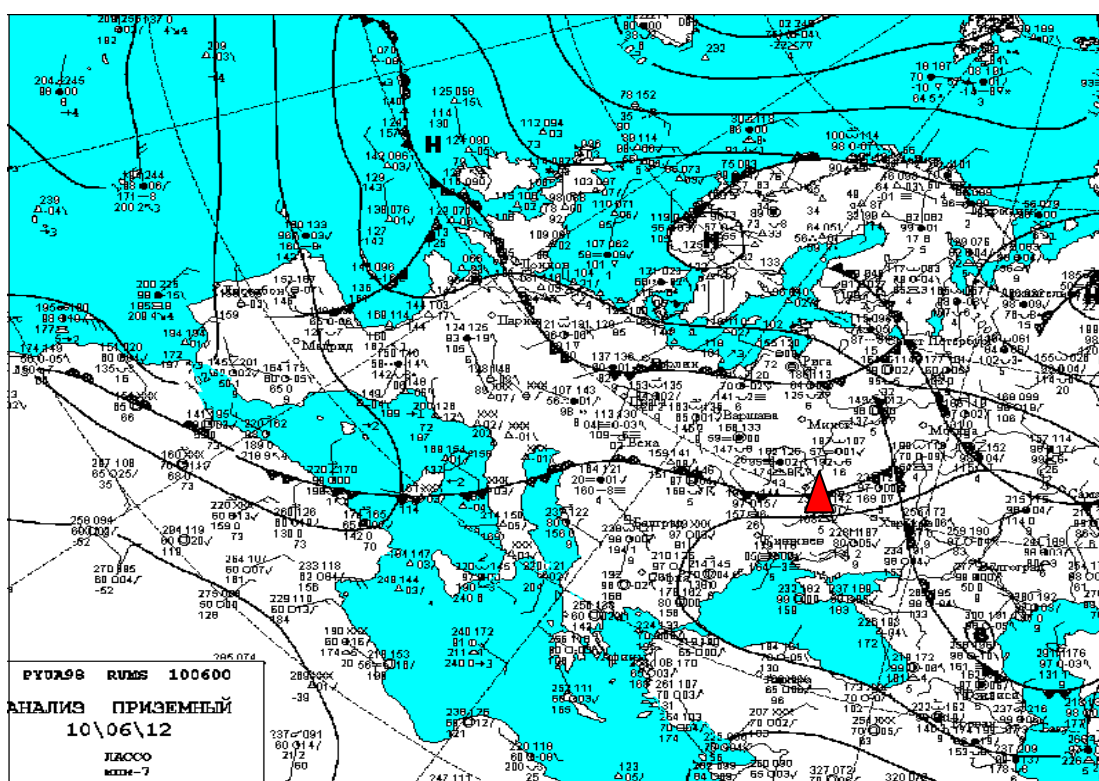


Рис 3.13 – Приземна карта за 10.06.12 00 UTC

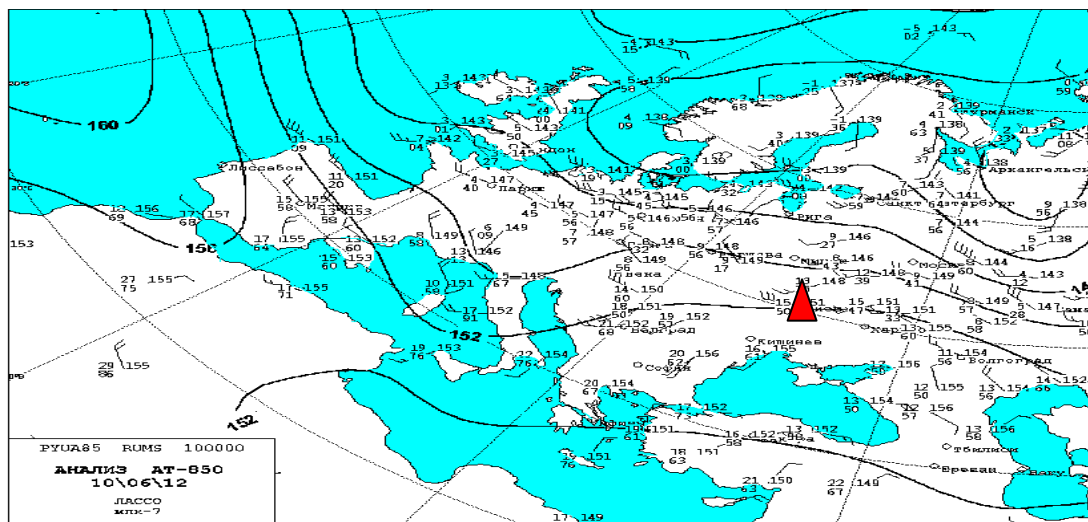


Рис 3.14 – Карта АТ-850 за 10.06.12 00 UTC

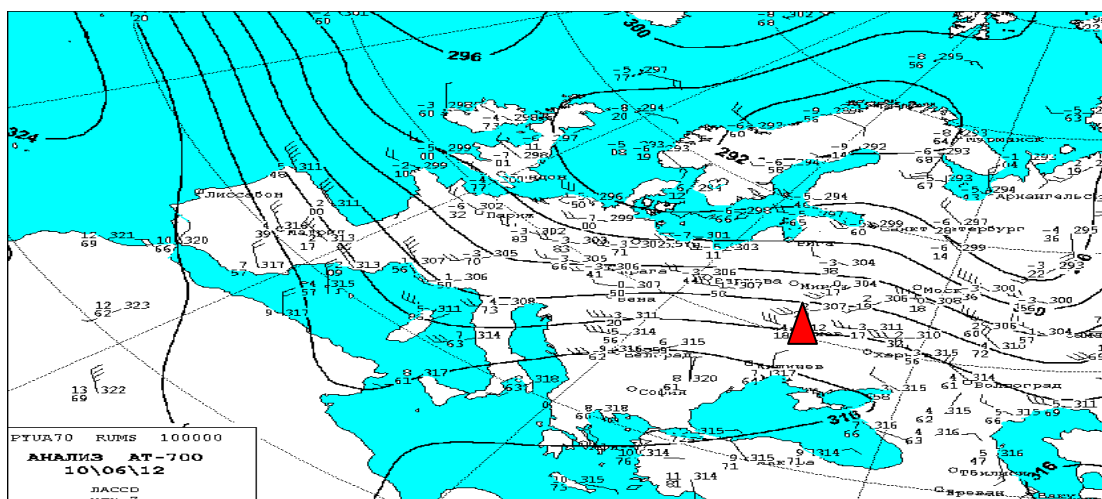


Рис 3.15 – Карта АТ-700 за 10.06.12 00 UTC

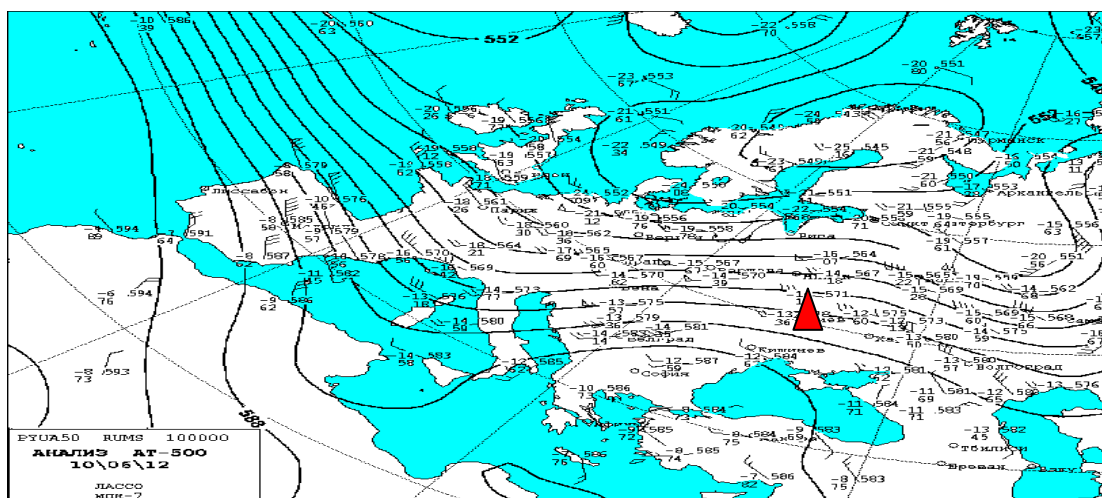


Рис 3.16 – Карта АТ-500 за 10.06.12 00 UTC

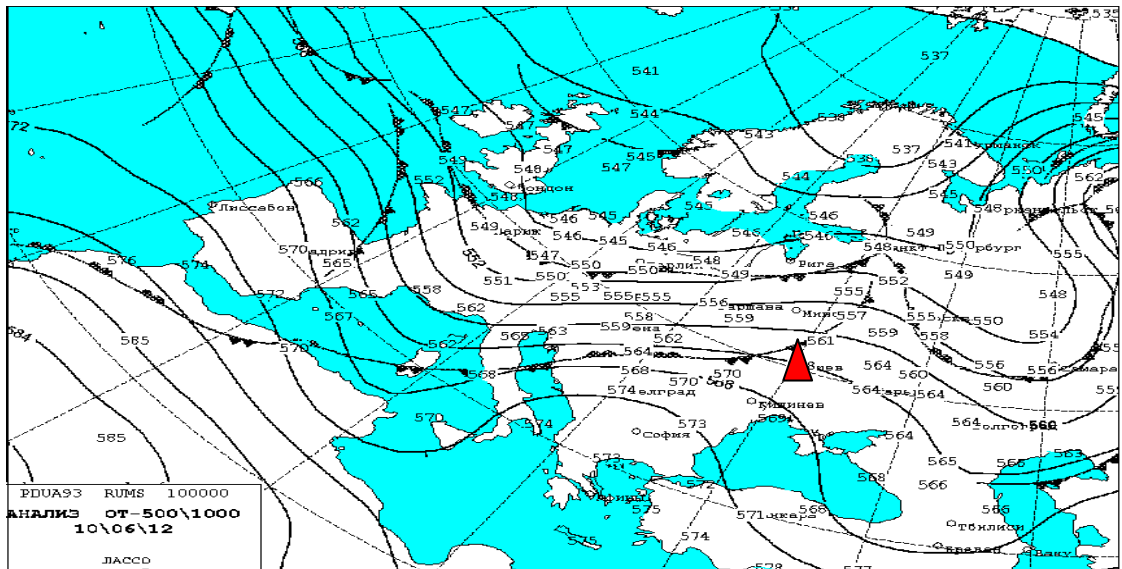


Рис 3.17 – Карта ОТ 500/1000 за 10.06.12 00 UTC

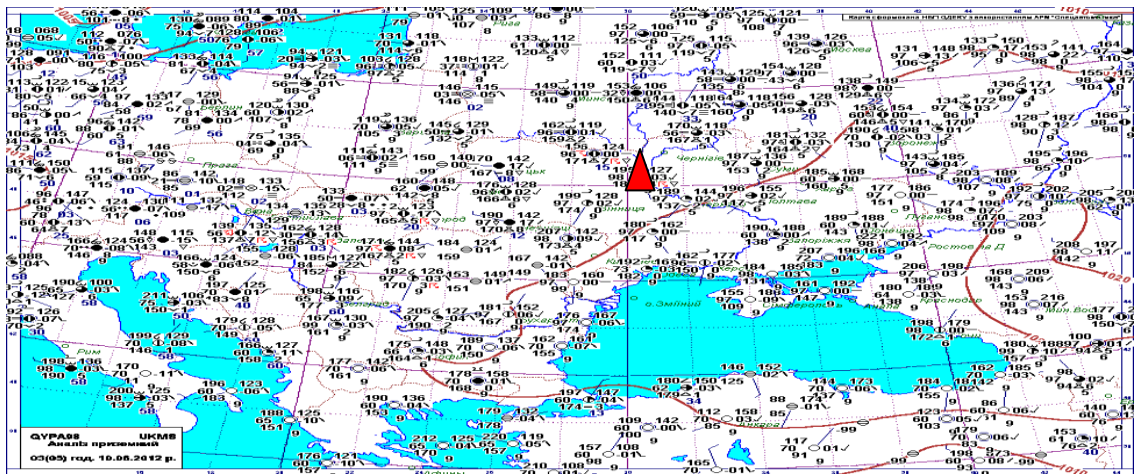


Рис. 3.18 – Кільцева карта погоди за 10.06.12 03 UTC

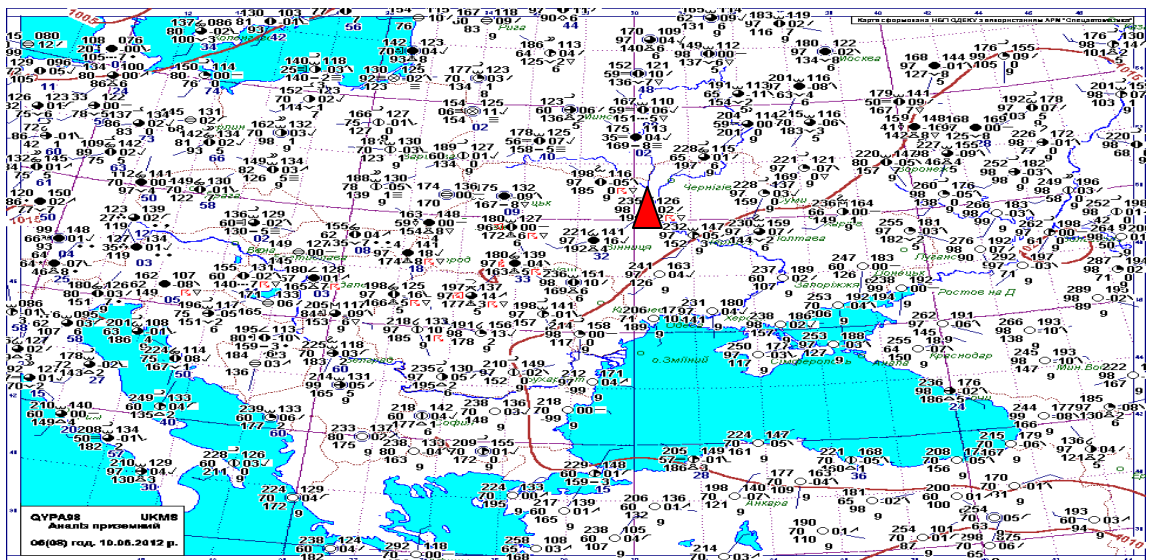


Рис. 3.19 – Кільцева карта погоди за 10.06.12 06 UTC

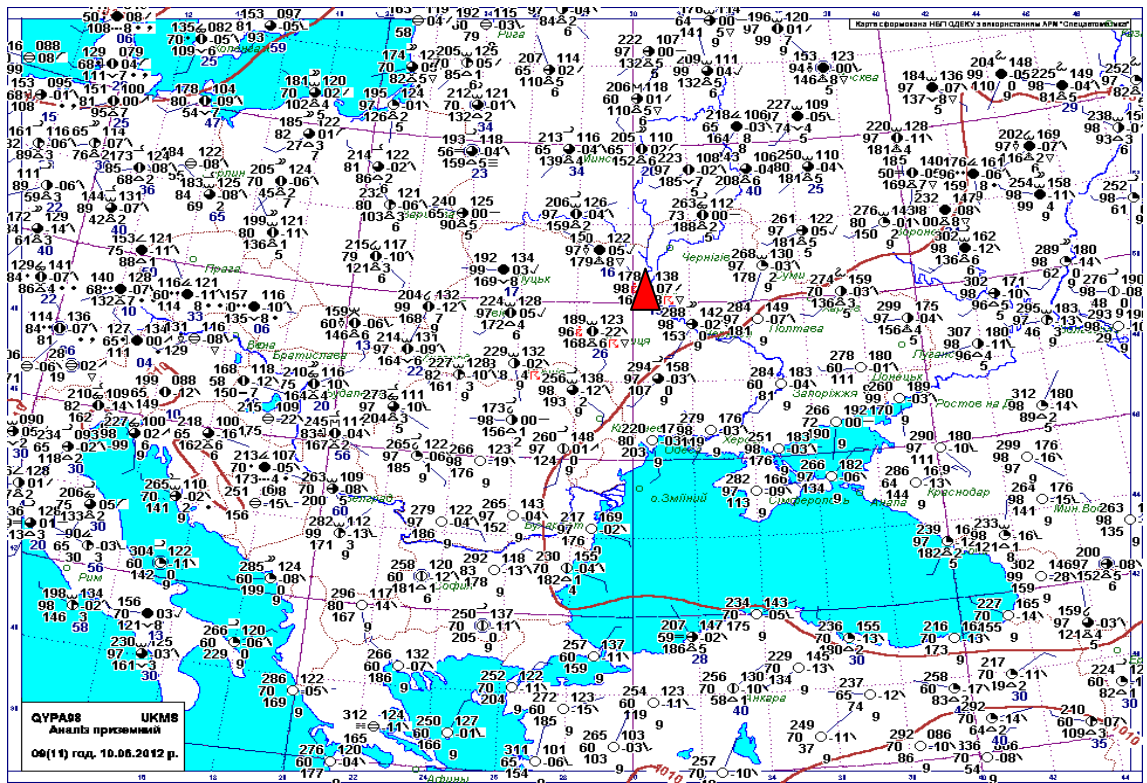


Рис. 3.20 – Кільцева карта погоди за 10.06.12 09 UTC.

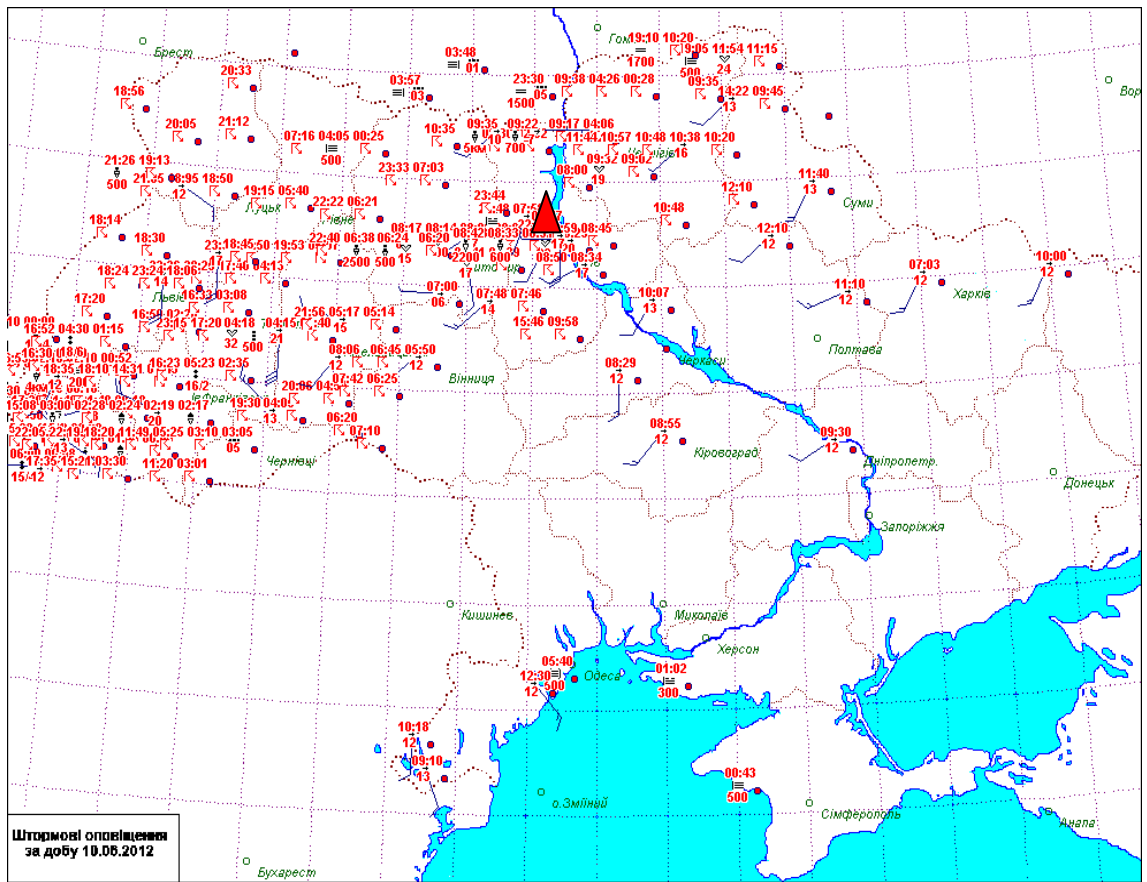


Рис. 3.21 - Штормове оповіщення за добу (10.06.12)

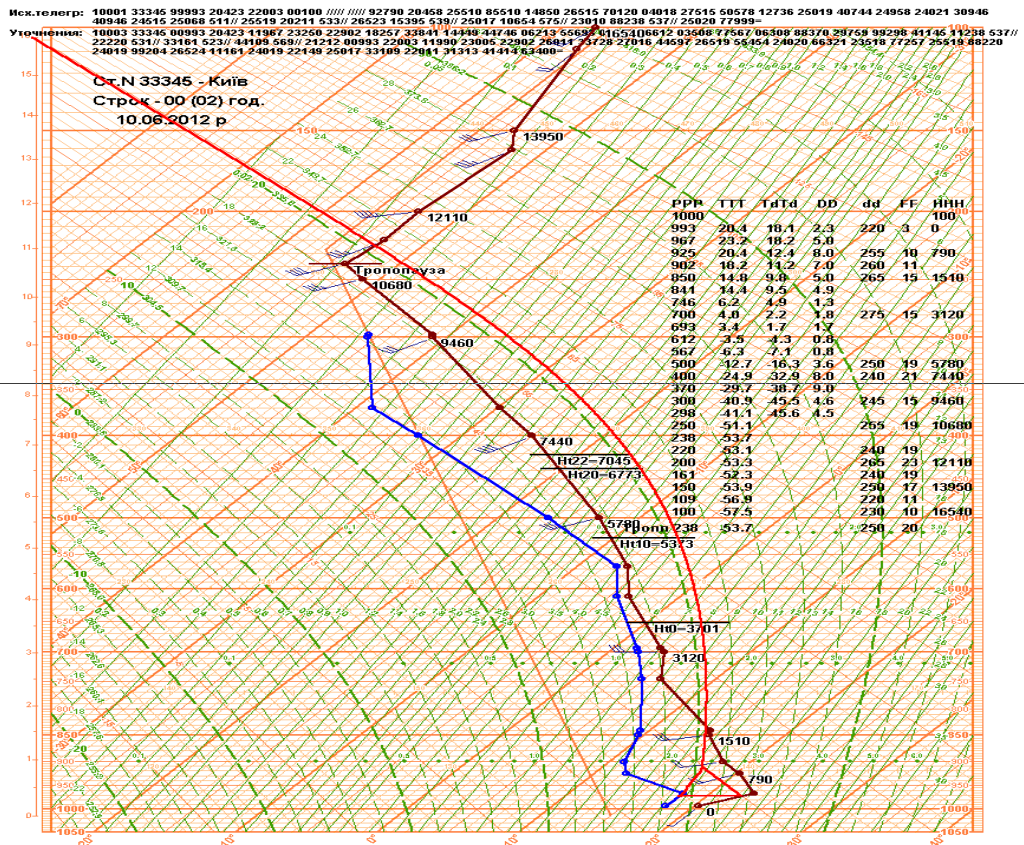


Рис. 3.22 – Аерологічна діаграма. Київ. 10.06.12 00 UTC

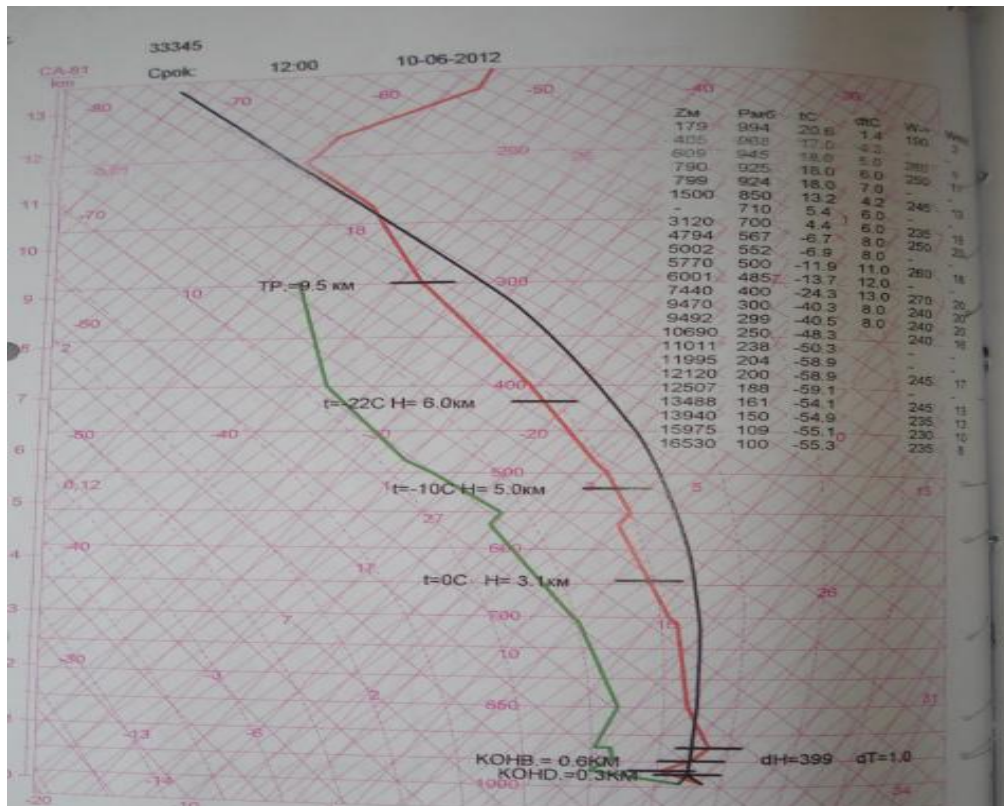


Рис. 3.23 – Аерологічна діаграма. Київ. 10.06.12, 12 UTC

На супутникових зображеннях основний масив хмарності в ранкові години знаходився на захід від Київської області і був пов'язаний з мезомасштабним конвективним комплексом (МКК), який активно розвивається, під антициклонічною стороною широкої висотної фронтальної зони (ВФЗ), що проходить з південного заходу на північний схід (рис. 3.24).

Перебуваючи під впливом потоку в середній тропосфері, МКК швидко переміщався в північно-східному напрямку (рис. 3.25). При цьому центр хмарного масиву за три години змістився приблизно на 300 км, і до 11 год (09 UTC) розташовувався безпосередньо над Київською областю (рис. 3.26-3.27). Термодинамічний стан атмосфери в області МКК характеризувався сильною нестійкістю.

Аналіз параметрів конвекції [24] в зв'язку з даним МКК показав, що в області мезомасштабної комплексу атмосфера мала великий запас конвективної доступної потенційної енергії - 100 ... 400 Дж / кг, яка існувала за рахунок сильного зсуву вітру та підтримувала еволюцію МКК.

33345 Kyiv (Ukraine)

широта: 50-27N; довгота: 30-31E; висота: 187 м

Дата: 10.06.2012 Время запуску: 12:00 UTC

Максимальная температура: 39.9°C

Прогноз гроз:

м.Вайтнинга - $K=28,1$ - окремі грози

м.Шоуолтера - $K=-2,1$ - грози

м.Симиля - ($\Delta T_c=1,6$ °C, $\Delta u=21,2$) – деяка ймовірність гроз

м. Лебедевой – Сильна злива та гроза

Таблиця 3.17 - Метод Лебедевой

$\sum D(850-500), ^\circ\text{C}$	$(T_{\text{max}}-T_{\text{dmax}}), ^\circ\text{C}$	$\Delta H_{\text{кнс}}, \text{гПа}$	$H_{\text{конд}}, \text{км}$	$H_{\text{конв}}, \text{км}$	$T_{\text{конв}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$\Delta H, \text{км}$	Конвективні явища
23	1,4	610	1,3	10,3	-48,3	2,5	9,0	Сильна злива та гроза

Метод Вайтнинга :

$K=(2*13,2)-(-11,9)-4,2-6,0=28,1$ - окремі грози

Метод Фауста

$$\sum D_{(850-500)} = 23 \quad T_{850} = 13,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Метод Симиля:

$$\Delta T_c = ((-9 + 11,9) / (-9 + 27,3)) * 10 = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{деяка ймовірність гроз}$$

$$\Delta u = 4,2 + 6 + 11 = 21,2 > 0$$

Метод Шоуолтера

$$T(500\text{гПа}) = -11,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a(500\text{гПа}) = -9,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таблиця 3.18 - Індеси конвективної нестійкості

K index	28,10	можливі грози з сильним дощем або суровою погодою
Vertical totals index	25,10	тропосфера має низький потенціал конвективної нестійкості
Cross totals index	20,90	висока нестійкість, грози.
Totals totals index	46,00	розсіяні грозові осередки.
CAPE	100-400	нестійка атмосфера
LI	1,87	сильний підйом повітряної маси

$$\Delta T = -11,9 - (-9,8) = -2,1 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{грози}$$

Прогноз шквала методом Решетова:

$$\Delta T = 20,6 - 19,0 = 2,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{(3-500)} = 20,6 - (-11,9) = 8,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Індекс підйому Li, який характеризує вертикальну стійкість повітря за рахунок виникнення сили плавучості, показує, що над Київською областю атмосфера була помірно нестійка ($Li = -2 \dots -4 \text{ } ^\circ\text{C}$). На помірну нестійкість також вказує індекс Шоуолтера (до $-3 \text{ } ^\circ\text{C}$). Всі три параметра свідчать про можливість розвитку сильних гроз. Такий висновок підтримується прогнозом ESTOFEX (European Storm Forecast Experiment, <http://www.estofex.org>)[31], який повідомляв про високу ймовірність (2 рівень) виникнення сильного конвективного шторму в зазначеній зоні.

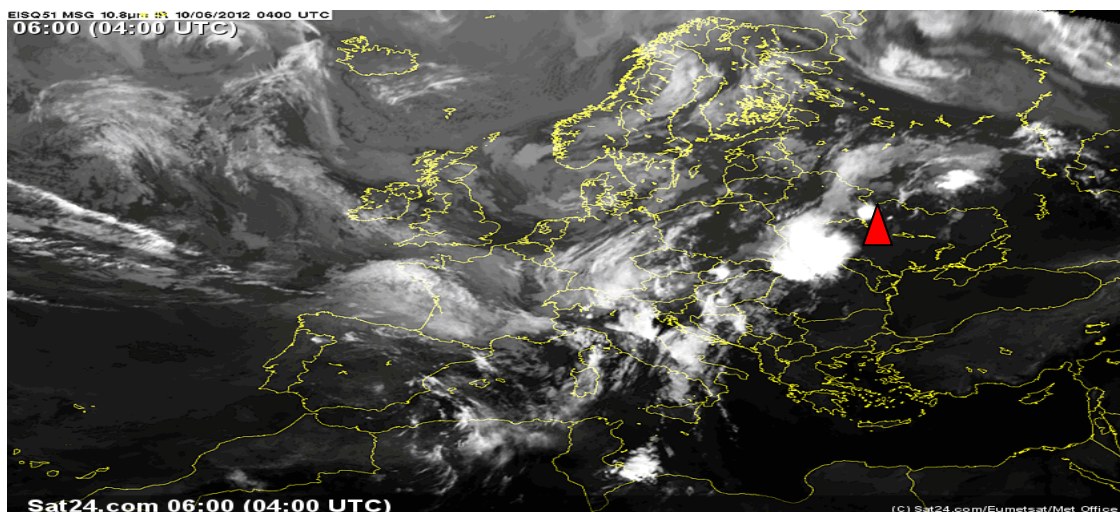


Рис. 3.24 - Супутниковий знімок 10.06.12, 01.00 UTC

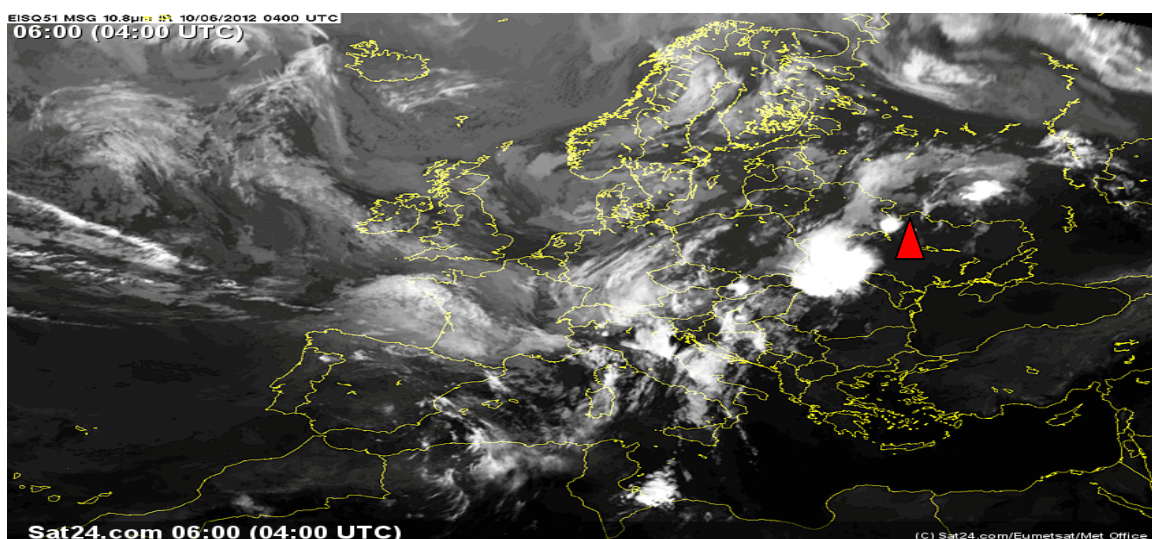


Рис. 3.25 - Супутниковий знімок 10.06.12, 04.00 UTC

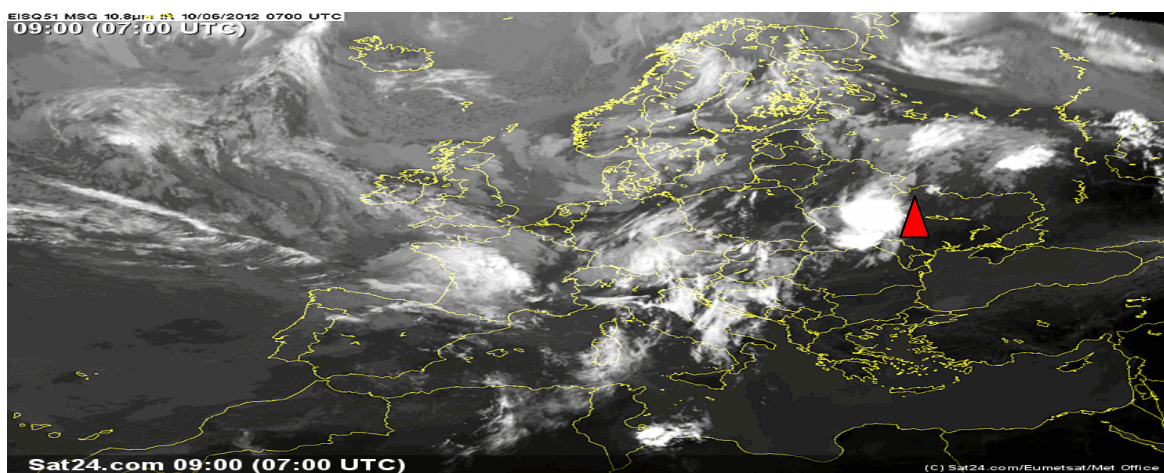


Рис. 3.26 - Супутниковий знімок 10.06.12, 07.00 UTC

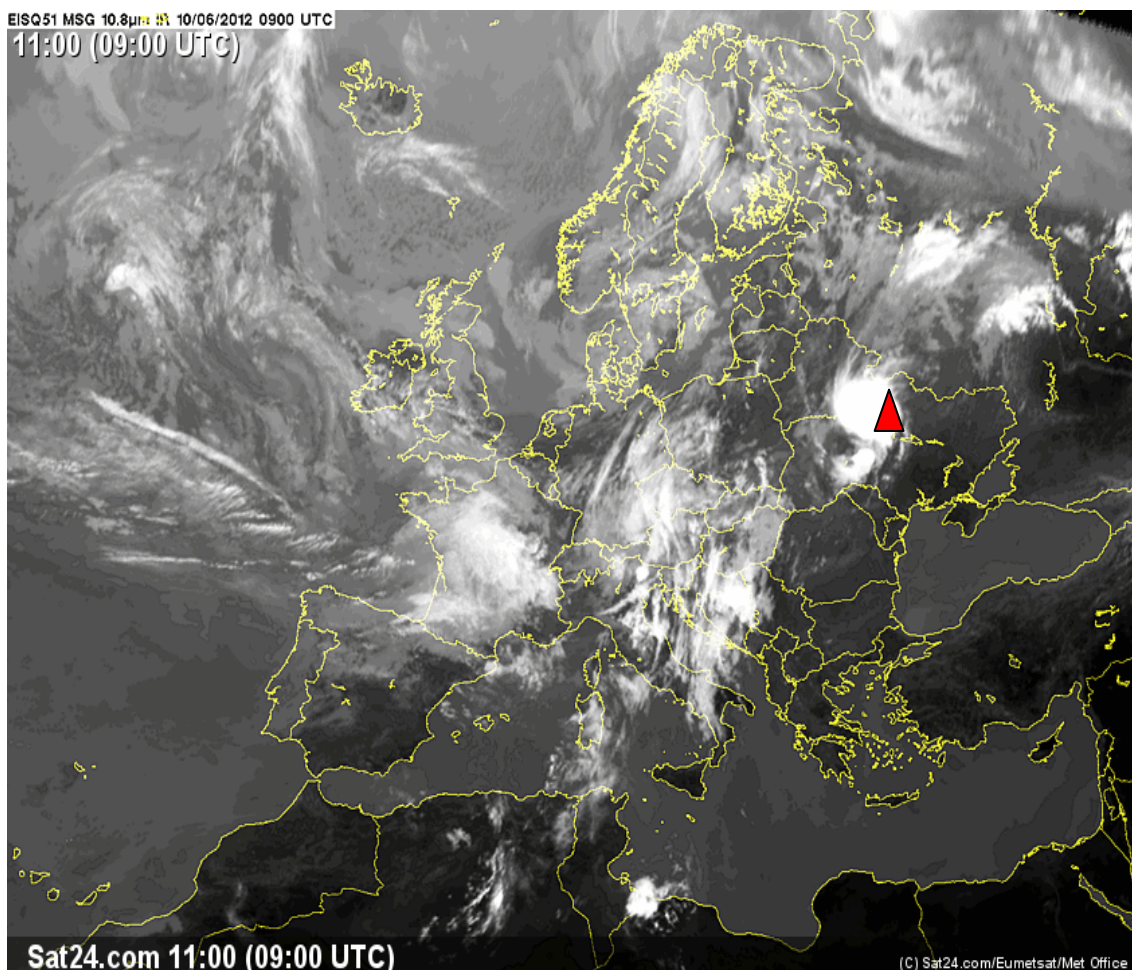


Рис. 3.27 - Супутниковий знімок 10.06.12, 09.00 UTC

Таким чином, виконаний аналіз супутникових зображень і параметрів термодинамічного стану атмосфери в період 01-09 UTC 10.06.2012 р показав, що існували необхідні і достатні умови для формування складних погодних умов в районі Києва, пов'язані з переміщенням в даний район активного мезомасштабної конвективного комплексу.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту отримані наступні результати:

1. За даними Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) відзначається, що з кінця ХХ - початка ХХІ століття на фоні глобальних змін клімату частота, тривалість та інтенсивність стихійних метеорологічних явищ і екстремальних умов зростає.

2. Шквал на території Київської області у період з 2011-2015 рр. спостерігався в 29 випадках, що, в два рази більше порівняно з періодом 1986-2005 рр. (12 випадків), та практично в 4 рази більше порівняно з періодом 2006-2010 рр. (7 випадків).

3. Аналіз змін динаміки небезпечних конвективних явищ за останні п'ять років (з 2011-2015 рр.) на території Київської області показав, що град спостерігався у 28 випадках, найбільш активними роками по кількості випадків є 2014 р. – 15 та 2011 р. – 7 випадків, відповідно. В інші роки відзначалось 6 випадків.

4. Сильні зливи (2011-2015 рр.) фіксувалися 8 разів, в основному, в центральній частині досліджуваної області, що порівняно з попереднім п'ятиріччям в два рази менше (14 випадків за період 2006-2010 рр.).

5. Виявлено, що в останні п'ять років смерчі жодного разу не відзначались на території Київщини. Однак, відмічались два випадки проходження смерчу на кордоні Чернігівській та Київської областей.

6. Отримано, що у Київській області за весь досліджуваний період останнього п'ятиріччя (2011-2015 рр.) спостерігалось 65 випадків конвективних СГЯ, що у два рази більш, ніж у попередні десятиліття - 30 та 33 випадка, відповідно. Такий тренд простежується за рахунок зростання кількості випадків зі шквалами (29 випадків) та градом (28 випадків) і розширення площ охоплених цими явищами, що можливо пов'язано з виникненням змін циркуляційних процесів, зменшення повторюваності однорідних повітряних мас і зростання частоти фронтальних зон.

7. Виявлене, що в розглянутий період (з 2011-2015 рр.) небезпечні конвективні явища формувалися, в основному, на активних холодних

фронтах з хвилями (30-40%), при проходженні мезомасштабних конвективних комплексів (30%) або в центральній частині циклонів (28%).

9. Аналіз карт погоди, супутникових зображень і параметрів термодинамічної стану атмосфери показав, що 10.06.2012 р., територія України перебувала під впливом ВФЗ, на якій сформувався активний мезомасштабний конвективний комплекс, який призвів до формування складних погодних умов в районі Києва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабиченко В. Н. Основные характеристики особо обильных дождей на Украине // Тр. Укр ННГМИ.- 1961.- Вып. 23.- с. 39-48.
2. База данных об опасных гидрометеорологических явлениях Единой системы информации об обстановке в Мировом Океане (ЕСИМО). URL: [http:// data.oceaninfo.ru/application/disaster/](http://data.oceaninfo.ru/application/disaster/)
3. Барабаш М.Б., Корж Т.В., Татарчук О.Г. Дослідження змін та коливань опадів на рубежі ХХ і ХХІ ст. в умовах потепління глобального клімату // Наук. праці УкрНДГМІ.- 2004.- Вип. 253.
4. Волынцева О.И., Смирнова А.А. Анализ и прогноз погоды с помощью ГИСМетео – Москва, 2005.
5. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: Підручник./ Одеськ. Держ. Екологічний Університет. – Одеса: ТЕС, 2012. – 407с.
6. Клімат Києва. За ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. , Бабіченко В.М.
7. Клімат України. Під ред. Ліпінського В.М. К.: Видавництво Раєвського, 2003 - 343 с.
8. Кліматичний кадастр України. – Київ, 2002. – 446 с.
9. Кульбіда М. І., Барабаш М. Б., Гребенюк Н. П., Татарчук О. Г., Корж Т. В. Глобальне потепління клімату та частота стихійних явищ в Україні // Україна: географічні проблеми сталого розвитку.- Т. III.- К.: Обрії, 2004. – С. 138-140.
10. Ліпінський В.М., Осадчий В.І., В.М., Бабіченко В.М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні // Укр. геогр. журн. – 2012. – № 4. – С. 8–14.
11. Ліпінський В.М., Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Активізація стихійних метеорологічних явищ на території України – прояв глобальних змін клімату // Укр. геогр. журн. – 2007. – №2. – С. 11–20.
12. Мартазінова В.Ф., Іванова О.К. Сучасний клімат Київської області - Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. - К: АБЕРС, 2010. - 70 с.
13. МГЭИК, 2013 г.: Резюме для политиков. Содержится в публикации Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад

Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. [Стоккер, Т.Ф., Д. Цинь, Дж.-К. Платтнер, М. Тигнор, С. К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В. Бекс и П. М. Мидглей (редакторы)]. Кембридж Юниверсити Пресс, Кембридж, Соединенное Королевство и Нью-Йорк, США. - http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

14. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. – К.: Держ. гідрометеорологічна служба, 2003. – 30 с.

15. Проект EUMETRAIN (спутниковые снимки, данные ECMWF) [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://eumetrain.org>.

16. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.). За редакцією В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. – Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Державна гідрометеорологічна служба. – Київ. Ніка-Центр, 2006. – 312 с.

17. Фізична географія Української РСР / За ред. О. М. Маринича. – К.: Вища шк., 1982. – 207 с.

18. 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.

19. Шихов А. Н., Быков А. В. База данных об опасных и неблагоприятных явлениях погоды в Пермском крае как региональный аналог ESWD // Географический вестник, 2014.- Вип. 4(31).

20. Шметер С. М. Термодинамика и физика конвективных облаков. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 287 с.

21. Adler, R.F. The version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979-present).// J. Hydrometeorol. 2003. - 4.-Pp. 1147-1167.

22. Applications of METEOSAT SECOND GENERATION (MSG) RGBimages: Part 3 – Channel selection and enhancements [Електронний ресурс] / J. Kerkmann // MSGCHANNELS: Interpretation Guide. – Режим доступу http://oiswww.eumetsat.org/WEBOPS/msg_interpretation/index.php.

23. Beck, C., J. Grieser, B. Rudolf A new monthly precipitation climatology for the global land areas for the period 1951 to 2000 // Climate Status Report 2004. German Meteorological Service, 2005 - Pp. 181-190.

24. Convective Season Environmental Parameters and Indices [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://wx.awcolley.com/Meteorology/ConvParmsIndices#LIFTED>
25. GEOS Earth Observation Handbook, ESA, 2005.
26. <http://meteopost.com/weather/climate-normals/kiev/>
27. <http://rp5.ua/>
28. <http://www.cgo.kiev.ua/>
29. http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi?&lang=en_0
30. NOAA Earth System Research Laboratory: The Physical Sciences Division [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data>.
31. ESTOFEX (European Storm Forecast Experiment, <http://www.estofex.org>

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
студента 1 курсу групи МСА - 51а

Дудкіна А. Ф.

до дипломного проекту на тему

«Динаміка формування небезпечних конвективних явищ у Київській
області»

Дипломний проект виконується на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ у рамках науково-дослідної роботи "Розробка нових методів прогнозу небезпечних метеорологічних явищ над Україною" (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532) під науковим керівництвом к.геогр.н., проф. Івус Г.П.

Попередні результати роботи Дудкін А. Ф. представив на студентській науковій конференції 11 квітня 2017 р. доповіддю на тему «Динаміка формування та синоптичні умови виникнення стихійних конвективних явищ на території Київської області. 2011-2015 рр.».

По матеріалах студентської конференції підготовлена та здана до друку стаття:

Дудкін А. Ф. «Динаміка формування та синоптичні умови виникнення стихійних конвективних явищ на території Київської області. 2011-2015 рр.»// Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 11 квітня 2017. – Одеса: ОДЕКУ. – 2017. – *здано до друку*

Керівник дипломного проекту
к.геогр.н.,

Агайар Е. В.

Додаток Б

Режим небезпечних конвективних явищ на території України
1986-2005 р.р.

Таблиця Б.1 - Кількість випадків сильної зливи Київської області в окремі роки і п'ятиріччя

Роки і п'ятиріччя	Київська область
1986	
1987	2
1988	
1989	
1990	
1986-1990	2
1991	1
1992	
1993	
1994	
1995	
1991-1995	1
1996	1
1997	
1998	1
1999	1
2000	1
1996-2000	4
2001	1
2002	1
2003	
2004	
2005	
2001-2005	2

Таблиця Б.2 - Кількість випадків крупного граду Київської області в окремі роки і півріччя

Роки і п'ятиріччя	Київська область
1986	
1987	1
1988	
1989	
1990	
1986-1990	1
1991	
1992	
1993	1
1994	1
1995	
1991-1995	2
1996	
1997	
1998	
1999	
2000	
1996-2000	
2001	
2002	
2003	1
2004	
2005	
2001-2005	1

Таблиця Б.3 – Повторюваність (кількість випадків, %) випадіння крупного граду Київської області різної тривалості

Тривалість	Київська область	Уся територія України, %
<0,1		0,9
0,1	1	25,0
0,2	2	28,6
0,3		14,8
0,4		2,8
0,5		7,4
0,6		1,9
0,7		7,4
0,8		1,9
0,9		1,9
1,0		4,6
>1,0		2,8
Найбільша тривалість, год	0,2	1,1
Дата	04.10	18.07
Рік	1994	2001

Таблиця Б.4 – Повторюваність (кількість випадків, %) граду різного діаметра Київської області

Діаметр, мм	Київська область	Уся територія України, %
≤ 20		23,4
21-30	3	34,3
31-40		20,0
41-50	1	5,1
51-60		4,6
61-70		0,6
81-90		0,6
91-100		1,2
Волоський горіх		3,4
Голубине яйце		5,1
Куряче яйце		1,7

Таблиці Б.5 – Кількість випадків шквалу в окремі роки і п'ятиріччя
Київській області

Роки і п'ятиріччя	Київська область
1986	
1987	1
1988	
1989	1
1990	
1986-1990	2
1991	
1992	1
1993	
1994	1
1995	2
1991-1995	4
1996	
1997	
1998	
1999	
2000	1
1996-2000	1
2001	2
2002	3
2003	
2004	
2005	
2001-2005	5

Таблиця Б.6 - Повторюваність (кількість випадків, %) шквалу в
окремі місяці Київської області

Місяці	Київської області
I	3
II	1
III	
IV	
V	
VI	3
VII	2
VIII	12
IX	
X	
XI	1

Додаток В

Режим небезпечних конвективних явищ на території України
2006 - 2010 рр.

Таблиця В.1 - Повторюваність (кількість випадків) шквалу в період з
2006-2010 рр. в Київській області

Пункт	Дата	Максимальна швидкість вітру, м/с	Кількість випадків
Яготин	15.01.2006	41	1
Чорнобиль	16.04.2006	44	1
Миронівка	07.05.2006	36	1
Яготин	21.12.2007	35	1
Яготин	28.09.2008	35	1
Чорнобиль	25.12.2008	47	1
Яготин	22.02.2009	49	1

Таблиця В.2 - Повторюваність шквалу на Київській області в кожному пункті спостереження в окремі роки та п'ятиріччя за період 2006-2010 рр.

Пункт	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
Яготин	1	1	1	1		4
Чорнобиль	1		1			2
Миронівка	1					1
Σ	3	1	2	1		7

Таблиця В.3 - Повторюваність (кількість випадків) конвективних явищ в період 2006-2010 рр. в Київській області

Явище\Роки	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
Смерч	1	1			1	3
Град	2	2	1	1	2	8
Сильна злива	5	3	2	1	3	14
Шквал	1	1	2	1	2	7
Σ	8	8	5	3	9	33

Таблиця В.4 - Повторюваність сильної зливи на Київській області в кожному пункті спостереження в окремі роки та п'ятиріччя за період 2006-2010 р.р.

Пункт	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
Яготин	1	1				2
Чорнобиль	1		1			2
Миронівка	2			1		3
Тетерів					1	1
Біла Церква					1	1
Славутич			1		1	2
Київ	1	2				3
Σ	5	3	2	1	3	14

Таблиця В.5 - Повторюваність (кількість випадків) сильної зливи в період з 2006-2010 рр. в Київській області

Пункт	Дата	Кількість опадів, мм.	Кількість випадків
Миронівка	26.04.2006	46	2
Яготин	25.05.2006	31	1
Київ	25.05.2006	53	1
Чорнобиль	04.06.2006	28	1
Київ	02.06.2007	29	2
Яготин	02.07.2007	69	1
Славутич	10.07.2008	35	1
Чорнобиль	06.10.2008	98	1
Миронівка	27.06.2009	30	1
Тетерів	13.02.2010	142	1
Біла Церква	20.07.2010	46	1
Славутич	28.07.2010	73	1