

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Характеристика грозової діяльності
над Одеською областю

Виконала студентка 2 курсу групи МЗМ-18
спеціальності 103 - «Науки про Землю»
Маркевич Євгенія Анатоліївна

Керівник к. геогр.н., доцент
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна

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

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Метеорологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри Прокоф'єв О.М.

“28” жовтня 2019 року

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

Маркевич Євгенії Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Характеристика грозової діяльності над Одеською областю
керівник роботи к.геогр.н., доцент Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти №235-С від 21 жовтня 2019 р.
2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2019 року
3. Вихідні дані до роботи 1. Синоптичні карти з архіву пакету АРМСин 3.0. 3. Архів даних з гр5. 3.Супутникові знімки. 4. Дані моделі GFS з просторовим кроком 0,5° меридіану.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою дослідження. 2. Повторюваність гроз над Одеською областю у 2005-2015 рр. 3. Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Одещиною. 4. Визначення синоптичних умов виникнення гроз над регіоном у 2015-2019 рр. 5. Просторово-часовий аналіз індексів конвекції над Одещиною під час початку грози.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 1.1-1.2 – карти Одеської області; Рис. 1.3 – схема циркуляції півдня України, Рис. 2.1- кількість днів з грозою на рік над Україною 1961-1990 рр., Рис. 2.2 – розташування пунктів, Рис. 2.3-2.17 - Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Одеською областю. Рис. 3.1-3.5 - синоптичні умови виникнення гроз над Одещиною у 2015-2019 рр. Рис. 3.6-3.7 – повторюваність та схема ЕЦМ.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Вивчення літературних джерел за темою дослідження</i>	28 жовтня 2019 р.	92	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	листопад 2019 р.	97	відмінно
3.	<i>Просторово-часової аналіз виникнення гроз над Одеською областю</i>	листопад 2019 р.	95	відмінно
4.	<i>Систематизація синоптичних умов виникнення грозової діяльності</i>	листопад 2019 р.	92	відмінно
5.	<i>Розрахунок основних індексів конвекції.</i>	листопад 2019 р.	97	відмінно
6.	Рубіжна атестація	18–23.11.2019		
7.	<i>Просторово-часової аналіз індексів конвекції над Одещиною у 2018 і 2019 рр. підчас грози</i>	грудень 2019 р.	97	відмінно
8.	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку</i>	5 грудня 2019 р.	95	відмінно
9.	<i>Оформлення магістерської роботи.</i>	10 грудня 2019 р.	95	відмінно
10.	<i>Перевірка на плагіат, підписання авторського договору</i>	6-9.12.2019		
11.	<i>Підготовка доповіді та презентації. Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2019 р.		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	відмінно

Студент

_____ Маркевич Є.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Семергей-Чумаченко А.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема: «Характеристика грозової діяльності над Одеською областю»

Автор: Маркевич Євгенія Анатоліївна

Актуальність - одними з небезпечних стихійних метеорологічних явищ для суспільства є різноманітні конвективні явища, в том числі грозова діяльність. Вона суттєво впливає на життя, здоров'я і господарську активність людини, тому вивчення сучасного режиму та умов утворення, а також підвищення якості прогнозування гроз визначає актуальність цього дослідження.

Метою дослідження є визначення географічного та сезонного розподілу гроз та смерчів над Одеською областю з 2005 по 2019 рр., систематизація синоптичних процесів їх виникнення та визначення умов розвитку конвекції над регіоном.

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

- просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Одеською областю;
- визначення сприятливих до грозоутворення синоптичних умов;
- оцінка визначення умов розвитку конвекції над регіоном.

Об'єкт дослідження – грози

Предмет дослідження – визначення сучасного режиму та синоптичних умов виникнення гроз над Одеською областю

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичних аналіз, розрахунок індексів конвекції.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території Одеської області:

- визначений сучасний режим виникнення гроз над в залежності від сезону та географічного фактору;
- встановлений комплекс циркуляційних та термодинамічних умов утворення небезпечних конвективних явищ.

Практичне значення отриманих результатів. Врахування результатів розрахунків індексів конвекції можна використовувати для вдосконалення прогнозу грози.

Магістерська робота в обсязі 55 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 22 джерел, містить 27 рисунків та 11 таблиць.

Ключові слова: *гроза, термічна нестійкість, фронтальний розділ, індекси конвекції, тип циркуляції*

SUMMARY

Theme: " Characteristics of storm activity over the Odesa region"

Author: Markevych Yevheniia

Actuality - one of the dangerous meteorological phenomena for a society's life is a different convective phenomena including thunderstorm activity. It significantly affect the life, health and economic activity of a person, therefore studying the modern regime and conditions of occurrence, as well as improving the quality of prediction of thunderstorms determines the relevance of this study.

The purpose is the definition of the geographical and seasonal distribution of thunderstorms over Odesa region from 2005 to 2019, the systematization of synoptic processes on the eve of their occurrence and resolve of convective conditions over the region.

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

- spatial-temporal distribution of thunderstorm activity over Odesa region;
- determination of favorable synoptic conditions for the formation of thunderstorms;
- assessment of convection conditions over the region.

The object of the study – thunderstorm

Subject of research - a definition of the modern regime and the synoptic conditions for the emergence of thunderstorms over Odesa region

Methods of research - space-time generalization of meteorological information, synoptic analysis, calculation of convective indexes.

Scientific novelty of the obtained results.

In this work for *the first time* for the territory of Odesa region:

- determined the current mode of the occurrence of thunderstorms in depending of the season and geographic factor;
- defined the complex of circulating and thermodynamic conditions for the formation of dangerous convective phenomena.

The practical value of the results. Applying the results of calculations of convection indices can be used to improve the forecast of thunderstorms.

Master's work in the volume of 55 pages consists of 3 sections, conclusions, a list of references from 22 sources, contains 27 figures and 11 tables.

Keywords: *thunderstorm, thermal instability, frontal section, convection indices, type of circulation*

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальні відомості про циркуляційний режим Одещини.....	8
1.1 Характеристика регіону дослідження	8
1.2 Режим атмосферної циркуляції півдня України	11
2 Режим грозоутворення над Одеською областю	14
2.1 Кліматична характеристика грозової діяльності над Україною	14
2.2 Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Одещиною у 2005-2019 рр.	16
3 Характеристика циркуляційних умов виникнення.....	30
гроз над Одещиною.....	30
3.1 Синоптичні процеси, що сприяли утворення гроз над Одеською областю у 2015-2019 рр.....	30
3.2 Індекси нестійкості атмосфери	38
3.3 Аналіз індексів нестійкості напередодні гроз над над Одеською областю у 2018 та 2019 рр.....	42
Висновки	46
Перелік посилань.....	47
Додаток А.....	49
Додаток Б	51

ВСТУП

Висока густина населених пунктів, промислових та інфраструктурних об'єктів над Одеською областю, інтенсивність повітряних перевезень у міжнародному аеропорту Одеса та щільна забудова міста висотними спорудами вимагає підвищення уваги до попередження руйнівних наслідків стихійних метеорологічних явищ (СМЯ).

Одними з небезпечних метеорологічних явищ для життєдіяльності суспільства є різноманітні конвективні явища, тобто зливи, грози, град, шквали та смерчі. Вони суттєво впливають на життя, здоров'я і господарську активність людини. Наприклад, поразка людей, літальних апаратів блискавками, перешкоди радіозв'язку, перебої в електропостачанні – ось далеко не повний перелік негативних чинників, пов'язаних з грозами.

Гроза - це складне атмосферне явище, що характеризується інтенсивним хмароутворенням і багаторазовими електричними розрядами у вигляді блискавок.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є виявлення сучасних тенденцій режиму грозової діяльності над Одещиною за даними метеорологічних спостережень з лютого 2005 по листопад 2019 р. включно.

Об'єкт дослідження – гроза.

Предмет дослідження – визначення сучасного режиму та синоптичних умов виникнення гроз над Одеською областю.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичних аналіз, розрахунок індексів конвекції.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, двох додатків, висновків та переліку посилань.

У вступі формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ складається з характеристики географічних особливостей, кліматичних умов Одеської області та циркуляційного режиму регіону.

Другий розділ присвячений аналізу просторово-часового розподілу грозової діяльності над Одеською областю, порівнянні режимні характеристики періодів 1961-1990 та 2005-2019 рр.

В третьому розділі визначені переважаючі типи синоптичних процесів,

які сприяли виникненню гроз у 2015-2019 рр. та проведений аналіз розрахунків індексів конвекції напередодні гроз у 2018-2019 рр.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 22 літературних джерел.

Робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках науково-дослідної роботи «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532).

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ РЕЖИМ ОДЕЩИНИ

1.1 Характеристика регіону дослідження

Одеська область є найбільшою за територією областю України, яка знаходиться на південному заході країни. На північ та схід від неї розташовані Вінницька, Кіровоградська та Миколаївська області, на південь та захід – Румунія та Молдова, а південний захід Одещині є узбережжям Чорного моря, (рис. 1.1), також до складу області входить острів Зміїний.



Рис. 1.1. Географічне розташування, топографічні та адміністративна карти Одеської області [21]

Одеську область було утворено 27 лютого 1932 року, коли ЦВК СРСР затвердив постанову IV позачергової сесії ВУЦВК від 9 лютого 1932 року про створення на території України п'яти областей. У 1954 році до її складу увійшла територія колишньої Ізмаїльської області (територія від Дністровського лиману до річки Дунай).

На півночі Одеська область межує з Вінницькою та Кіровоградською, на сході — з Миколаївською областями, на заході — з Молдовою, а на південному заході — з Румунією. Всього в межах області пролягає 1362 кілометри державного кордону України. Площа Одеської області становить 5,5 % території України [21].

Геополітичне розташування Одещини обумовлене як вигідним транспортно-географічним розміщенням, так і зростаючою активізацією її участі у великих європейських міжрегіональних організаціях — Асамблеї європейських регіонів і Робітничої співдружності придунайських країн. Будучи частиною морського фасаду країни, Одеська область значною мірою сприяє активній участі України в роботі країн-членів Чорноморського економічного співробітництва.

Клімат Одеської області, особливо південної частини, посушливий, тому тут майже 10% оброблюваних земель зрошуються. Тепле море, лікувальні грязі, мінеральні води, морські пляжі створюють винятково високий рекреаційний потенціал Одещини. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні розташовані високо цінні й унікальні природні комплекси, водно-болотні угіддя, екосистеми, що формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне, глобальне значення.

Північна частина області розташована у лісостеповій зоні України, середня і південна — у степовій. У ґрунтовому покриві переважають звичайні і південні чорноземи. Лісів мало, більш-менш площі займають вони в лісостеповій зоні. Клімат переважно теплий і посушливий. Середньорічна температура тут коливається від $+7,7^{\circ}$ — на півночі області до $+11,1^{\circ}$ — на півдні. Безморозний період триває від 170 до 210 діб. Річна кількість опадів — від 350 мм на півдні до 460 мм на півночі. Природні умови сприятливі для вирощування найцінніших сільськогосподарських культур: озимої пшениці, кукурудзи, ячменю, проса, соняшнику. В північній і центральній частинах

області добре ростуть цукрові буряки, в південній частині широко розвинуто виноградарство.

Обласним центром є місто Одеса, яке розташоване на південно-західній околиці Причорноморської низовини, що обривається уступом до берегів Чорного моря (рис.1.1). Середня висота степового плато складає близько 40–50 м [13]. Місто широкою смугою простягнулося вздовж узбережжя Одеського заливу на відстані 50 км від селища Котовського, що розташоване на півночі, до селища Чорноморки (Людсдорф) на півдні, площа міста приблизно складає 150 км².



Рис. 1.2. Географічне розташування та супутниковий знімок м. Одеса

В межах прибережної зони спостерігається невелике зменшення висот плато в напрямку на південь і на південний захід. В північно-західному напрямленні висота плато підвищується від Одеси до ст. Дачної приблизно вдвічі. Таким чином в напрямку на північний захід висота плато збільшується в середньому на 2 м на кожний кілометр.

Рівнинний характер плато порушується ярами і балками, направленими своїми гирлами до моря, до долини Хаджибейського лиману. Найбільші балки – Аркадійська, Середньо-Фонтанська, Більше-Фонтанська, Чорноморська, Безіменний яр, Ковалевська; в північній частині міста на правому схилі Хаджибейського лиману – Водяна, Крива, Усатовська, Нерубайська.

Найнижчі відмітки в Одесі зареєстровані в районі Пересипі – території стародавніх гирлових і заплавних частин лиманів, яка відділяє Хаджибейський та Куяльницький лимани від Чорного моря. Прибережні ділянки плато знаходяться в зоні інтенсивних зсувних процесів. В результаті активних зсувів ґрунту майже вдовж всього узбережжя виникла зсувна тераса шириною від 8 до 280 м.

1.2 Режим атмосферної циркуляції півдня України

Атмосферна циркуляція – загальна система великомасштабних повітряних течій над земною кулею. У тропосфері сюди відносяться пасати, мусони, повітряні течії, пов'язані з циклонами і антициклонами, в стратосфері – переважно зональні (західні і східні) перенесення повітря з накладеними на них так званими довгими хвилями. Циркуляція атмосфери є найважливішим кліматоутворюючим процесом.

Існування циркуляції атмосфери обумовлено неоднорідним розподілом атмосферного тиску (наявністю баричного градієнту).

Температура, вологість, вітер, хмарність та інші метеорологічні елементи знаходяться в залежності від властивостей повітряних мас та від вертикальних рухів в атмосферних циркуляційних системах.

При вивченні ролі атмосферної циркуляції у формуванні клімату необхідно враховувати як великомасштабну циркуляцію, так і регіональні процеси, які безпосередньо впливають на клімат відносно невеликої території. Циклони помірних широт, які переміщуються з заходу і північного заходу, не чинять безпосередній вплив на південь України. Розвиток цих циклонів над Східною Європою супроводжується проходженням через південні райони улоговини або утворенням перехідної зони між циклонами і розташованими північніше областями високого тиску.

Через південь України над її центральною частиною переміщується тільки циклони, які утворюються в басейні Середземного і Чорного морів, а також невеликі циклони, які утворюються на холодних фронтах, що переміщуються з заходу та північного заходу.

Периферійні атмосферні процеси до яких відносяться мало збурені переноси південної, західної та східної складової, а також мало градієнтні

поля тиску у землі, впливають на південь України відповідно в 23 та 18% випадків (рис. 1.3а).

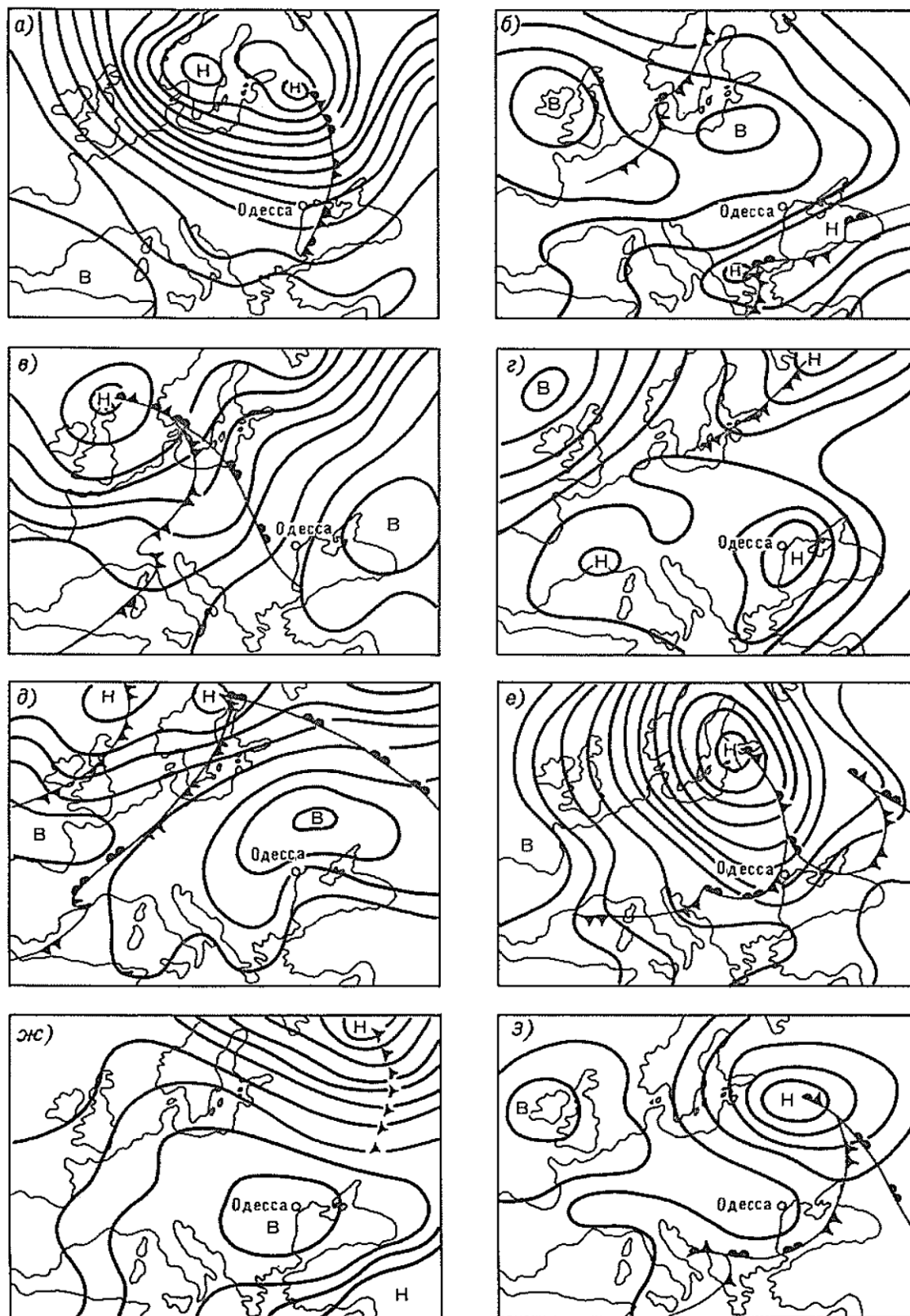


Рис. 1.3. Циркуляційні процеси півдня України [13]

Другий різновид периферійних атмосферних процесів – західний і північно-західний переніс. Він формується на південній периферії циклонів помірних широт (рис. 1.3б).

При південному переносі (рис. 1.3в) в залежності від сезону спостерігаються різноманітні погодні умови: в теплий період переважає малохмарна погода, в холодний – тумани, низька хмарність, мряка. В середній і верхній тропосфері південному переносу відповідають вітри південного або південно-західного напрямку в передній частині висотної улоговини. Безпосередньо після південного переносу часто відбувається вихід південних циклонів (46%) або переміщення улоговин з заходу (25%).

До циклонічної циркуляції на півдні України відносяться три різновиди атмосферних процесів (рис. 1.3г, е): південні циклони, улоговини, які переміщується з заходу, і чорноморська депресія. Одним з найбільш часто процесів на півдні України є переміщення улоговин з заходу (18%).

Південь України часто знаходиться під впливом областей високого тиску. Переважання антициклоніальних процесів на півдні України найбільш суттєво визначає риси клімату регіону – відносно велику зволоженість і підвищенні значення сонячної радіації. В середньому за рік спостерігається 38 випадків (29% від кількості всіх процесів) з антициклонами і гребнями.

Стаціонавання антициклонів (рис. 1.3д) над півднем України обумовлює малохмарну погоду з низькими температурами взимку, спекотною погодою влітку і заморозками в осінні і весняні місяці. Часто вслід за антициклоном, який переміщується на схід, на південь України з заходу насувається улоговина з розташованим в ній фронтом.

Часто над півднем України спостерігаються гребні, орієнтовані з заходу, які називаються азорськими (рис. 1.3ж, з). Гребні, орієнтовані зі сходу, спостерігаються значно рідше ніж гребні, орієнтовані з заходу.

В літні та осінні місяці атмосфера циркуляція різко відрізняється від циркуляції в холодний період. В цей час виражене переважання антициклоніальних процесів і малоградієнтних полів тиску. Збільшується повторюваність мало збурених зональних переносів повітряних мас біля землі, але з невеликими швидкостями, тому що над Чорним морем переважає фон підвищеного тиску і градієнти вздовж північного узбережжя малі.

на атмосферних фронтах, тому тут частіше виникають грози: у гірських районах Українських Карпат — 45 днів, у Закарпатті — 36 днів, на південному заході — 32 - 33 дні та у вузькій смузі на південному сході - 30 - 31 день.

На узбережжях Чорного та Азовською морів число днів з грозою значно менше (15-22). що зумовлено впливом бризової циркуляції, добова періодичність якої гасить розвиток конвекції. Меншим числом днів із грозою виділяється також Крим: на узбережжі — 15-20 днів, у степових районах і Кримських горах — 22-25 днів, що зумовлено впливом моря.

Число гроз за рік дещо більше числа днів з грозою. Відношення кількості гроз до числа днів з грозою за рік знаходиться у межах 1,00–1,15: середнє квадратичне відхилення числа днів з грозою за рік змінюється на території від 5 до 9 днів.

В основному грози спостерігаються з травня до вересня. Майже на всій Україні їх повторюваність у цей період становить 96-97 % від загальної кількості; на півдні (Миколаївська, Херсонська області) та в Криму - 91-94 %.

Зимою грози виникають дуже рідко, на сході (Сумська, Харківська, Луганська області) вони взагалі не зафіксовані. На решті території третина зимових гроз буває один раз за 10-15 років, а більша частина (55 % усіх зимових гроз) — один раз за 20-25 років.

Розподіл найбільшого числа днів з грозою характеризує деякою мірою активність атмосферних процесів. Максимальне їх число за рік (47-64) спостерігається у західній і частково північній частинах приблизно по лінії Івано-Франківськ - Хмельницький - Біла Церква - Суми. Дещо менший максимум (47-48 днів) — на південному сході (Асканія-Нова - Гуляйполе). На решті території найбільше число днів з грозою коливається у межах 35-38, у західній половині Криму - 20-25, східній — 30-35.

Відмінності у розподілі найбільшого числа днів з грозою зумовлені рельєфом (орієнтація гірських хребтів відносно провідного потоку, висота схилів, їх захищеність) і властивостями повітряних течій. У першому визначеному регіоні великий вплив мають процеси, які розвиваються на холодних фронтах північно-західних, західних та південно-західних циклонів і значно посилюються впливом Українських Карпат, на другий регіон також впливають ці циклони, але їх фронти уже "розмиті" і збіднені вологою, тому

більший вплив на цей регіон справляють південні циклони та Чорноморська депресія, тим більше, що під час переміщення.

2.2 Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Одещиною у 2005-2019 рр.

Для усього населення планети грози створюють умови складної метеорологічної обстановки. Для оцінки повторюваності гроз взято ряд з 2005 по 2018 рр. За цей період над Одеською областю відбулося 268 гроз, тобто у середньому на рік припадало 18,8 днів з грозою, що не виходило за межі кліматичної норми [3] (рис. 2.1-2.8).

Згідно [12] будь-яка гроза формує жовтий рівень небезпеки, тобто це небезпечне метеорологічне явище I рівня небезпечності (НМЯ I). Отже за характером впливу на життєдіяльність суспільства гроза є явищем погоди, яке створює певні незручності для населення та функціонування господарського комплексу країни.

Для характеристики сучасного режиму грозової діяльності над Одеською областю обраний період з лютого 2005 по листопад 2019 рр., а у якості вихідної інформації залучені дані метеорологічних спостережень [20] над 12 станціями Одеської області: з півночі на південь – Балта, Любашівка, Затишшя, Сербка, Роздільна, Одеса-ГМО, Чорноморськ, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Дунайська ГМО (Ізмаїл) (рис. 2.2). Кількість днів з грозою за кожний місяць представлена в табл. Б.1-Б.12.

Виявлено, що за період дослідження над територією Одеської області спостерігалось 2766 випадків грози (табл. 2.1), тобто від 145 до 312 гроз, в середньому 231 випадок. Частіше за все грози виникали в Любашівці та Одесі – 312 та 283 випадки відповідно. Мінімальна грозова активність відмічалася на Чорноморському та Білгород-Дністровському – 145 та 147 гроз за 15 років. Також відносно зниженою виявилася частота гроз на ст. Вилково – 165 гроз.

Традиційним показником грозової активності є кількість днів з грозою [1, 6, 7, 11], тому на рис. 2.3 побудована лінійчата діаграма для порівняння інтенсивності сучасної грозової діяльності з кліматичним періодом (1961-1900 рр.).



Рис. 2.2. Географічне розташування пунктів дослідження над Одеською областю: 1 - Балта, 2 - Любашівка, 3 - Затишся, 4 - Сербка, 5 - Роздільна, 6 - Одеса-ГМО, 7 - Чорноморськ, 8 - Білгород-Дністровський, 9 - Сарата, 10 - Болград, 11 - Вилкове, 12 - Дунайська ГМО (Ізмаїл).

Період з 2005 по 2019 рр. характеризувався значним зменшенням середньої кількості гроз на рік над всіма пунктами дослідження. Менш за все грозова активність знизилася над узбережжям Чорного моря, а саме на ст. Одеса-ГМО – на 5,4 дні з грозою, з 24,3 до 18,9. Також відносно незначно (на 8,9 днів) зменшилася кількість днів з грозою на ст. Вилково.

Таблиця 2.1 – Кількість днів з грозою над Одеською областю за періоди 2005-2019 та 1961-1990 рр. [7]

Станція	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2005-2019	1960-1990
Балта	12	11	14	10	16	36	23	28	24	23	8	0	0	25	25	17,0	-
Любашівка	17	19	18	17	19	36	20	26	23	26	21	28	16	21	5	20,8	28,4
Затішшя	-	13	12	14	10	22	21	31	23	24	5	0	21	26	31	18,1	27,8
Сербка	-	11	12	23	22	29	30	37	26	29	5	6	4	19	22	19,6	33,4
Роздільна	-	10	9	14	9	18	23	28	24	19	6	6	5	24	18	15,2	29,5
Одеса	25	24	20	17	12	16	15	25	19	23	11	21	22	18	15	18,9	24,3
Чорноморськ	-	7	6	11	7	16	17	22	12	19	1	1	4	13	9	10,4	-
Білгород-Дністровський	-	9	9	14	4	17	16	15	16	17	2	0	1	17	10	10,5	24,2
Сарата	-	11	10	17	10	15	16	24	25	21	4	1	1	23	15	13,8	26,5
Болград	-	14	15	19	16	30	25	31	24	29	5	0	0	29	24	18,6	34
Вілково	-	8	9	18	7	17	7	10	21	21	2	0	0	21	24	11,8	20,7
Ізмаїл	19	20	14	23	18	28	16	29	29	25	11	7	1	0	24	17,6	28,3

Інша зона, де повторюваність гроз знижувалася менш активно (не більше 10 днів) виявилася на північному сході Одеської області – станції Любашівка та Затішшя – 7,6 і 9,7 днів з грозою на рік. Далі на карті можна помітити практично суцільну смугу від південного заходу на північний схід, де зниження днів з грозою коливалося від 10,7 до 14,3 днів – станції Ізмаїл, Сарата, Білгород-Дністровський, Роздільна та Сербка.

Максимальне зниження грозової активності у порівнянні з 1961-1990 рр. відбулося над Болградом – кількість днів з грозою зменшилася на 15,4 – від 34,0 до 18,6.

Як видно з рис. 2.3, географічний розподіл середньої кількості днів на рік неоднорідний в обидва періоди, а саме найменша кількість днів з грозою відмічалася вдовж узбережжя Чорного моря на південь від Одеси, де у період 2005-2019 рр. цей параметр не перевищував 11 днів, тобто зниження відбулося на приблизно на 10 днів.

Найчастіше грози виникали над Любашівкою та Ізмаїлом – 20,8 та 18,6 гроз на рік, а зменшення грозової активності над цими станціями було відносно менш активним – на 10-11 днів.

Порівнюючи характер розподілу днів з грозою над регіоном обох періодів, можна виявити збереження зони зниженої грозової активності над узбережжям півдня Одеської області та зниження відносного максимуму над Болградом.

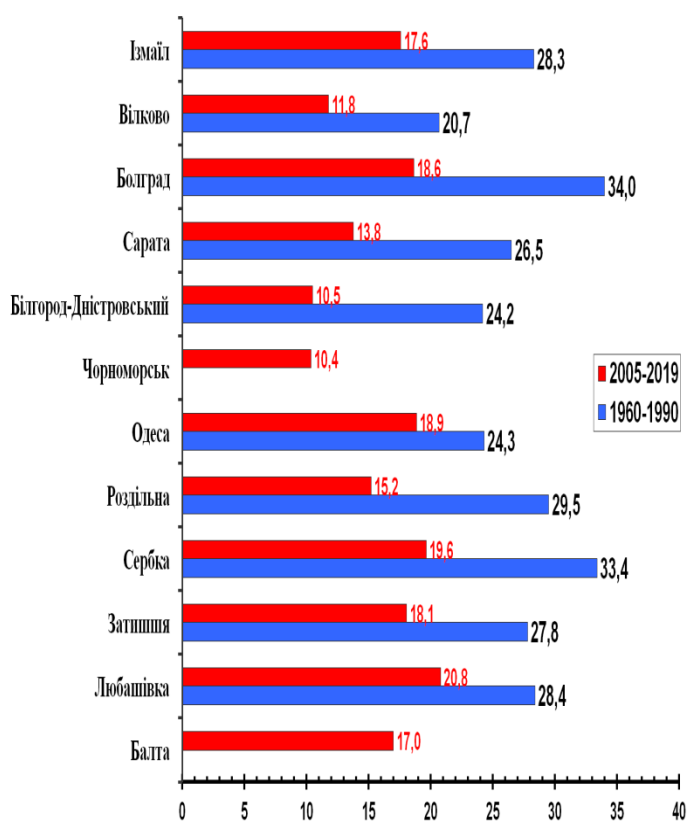
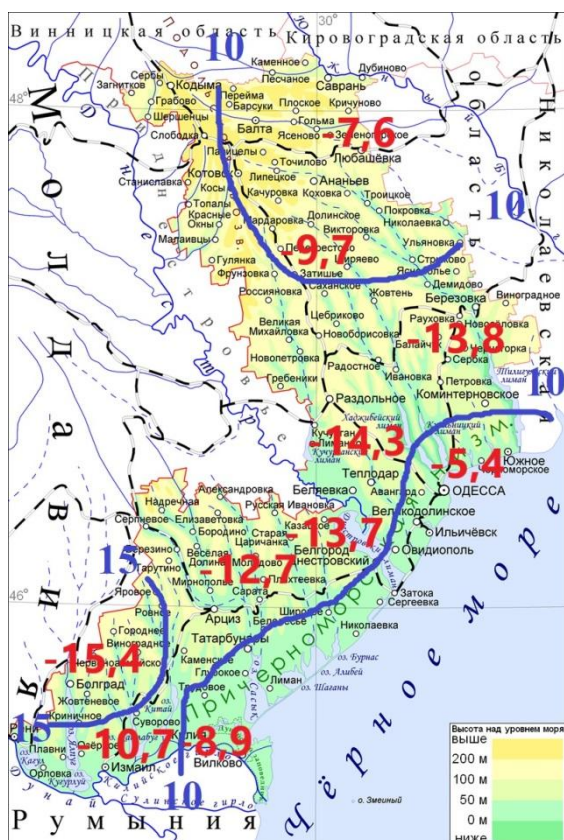
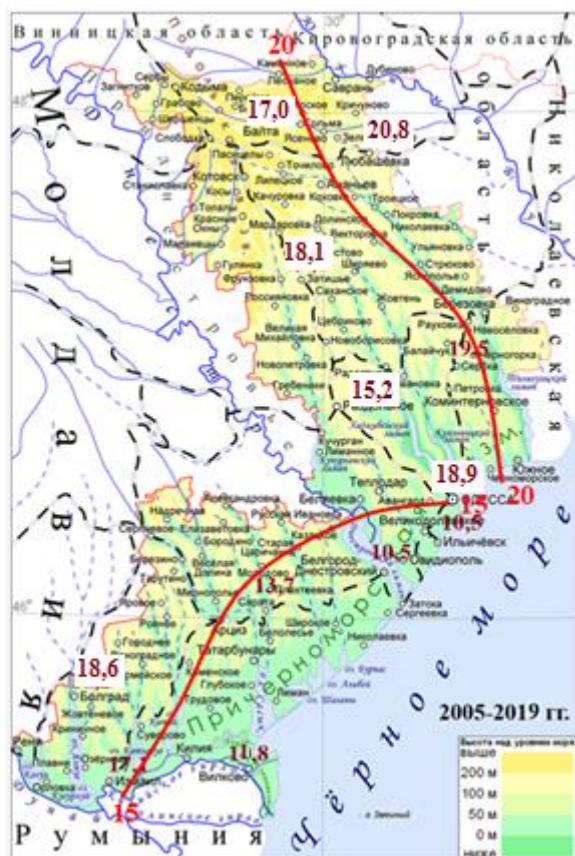
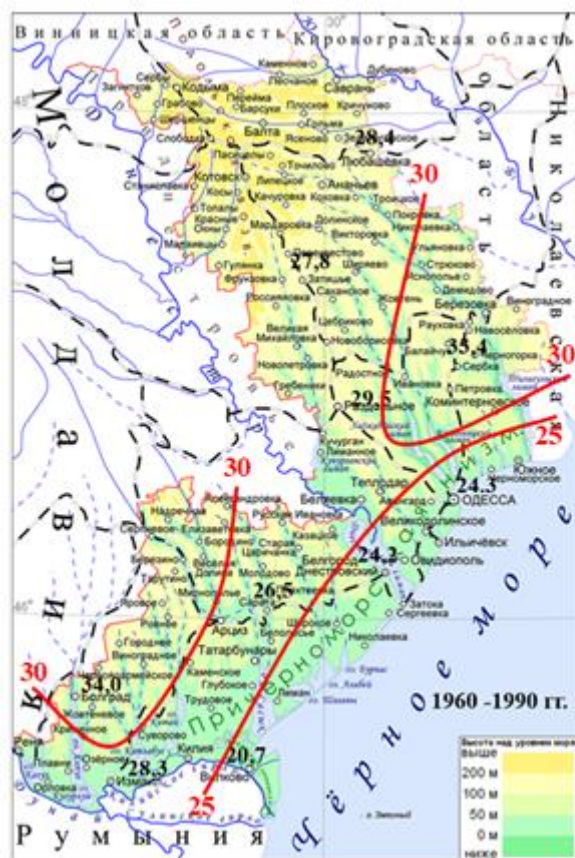


Рис. 2.3. Карта середньої кількості днів з грозою над Одещиною за періоди 1961-1990 [7] та 2005-2019 рр. та різниця між ними

Щодо сезонного розподілу грозоутворення над регіоном, то 98 % гроз над регіоном спостерігалось у тепле півріччя – з квітня по вересень. В межах холодного півріччя можна відокремити жовтень, на який припадало 1 % гроз на рік, але за останні роки температура жовтня майже завжди перевищувалася середнє-кліматичне значення, та за циркуляційним умовами частину жовтня його можна віднести до теплого періоду. Менш за все грози спостерігалися у січні та лютому – по одному разу над Вілковою та Любашівкою.

Максимум річного ходу грозоутворення над Одещиною припадав на червень та липень (рис. 2.4), але можна відмітити деякі особливості в межах регіону.

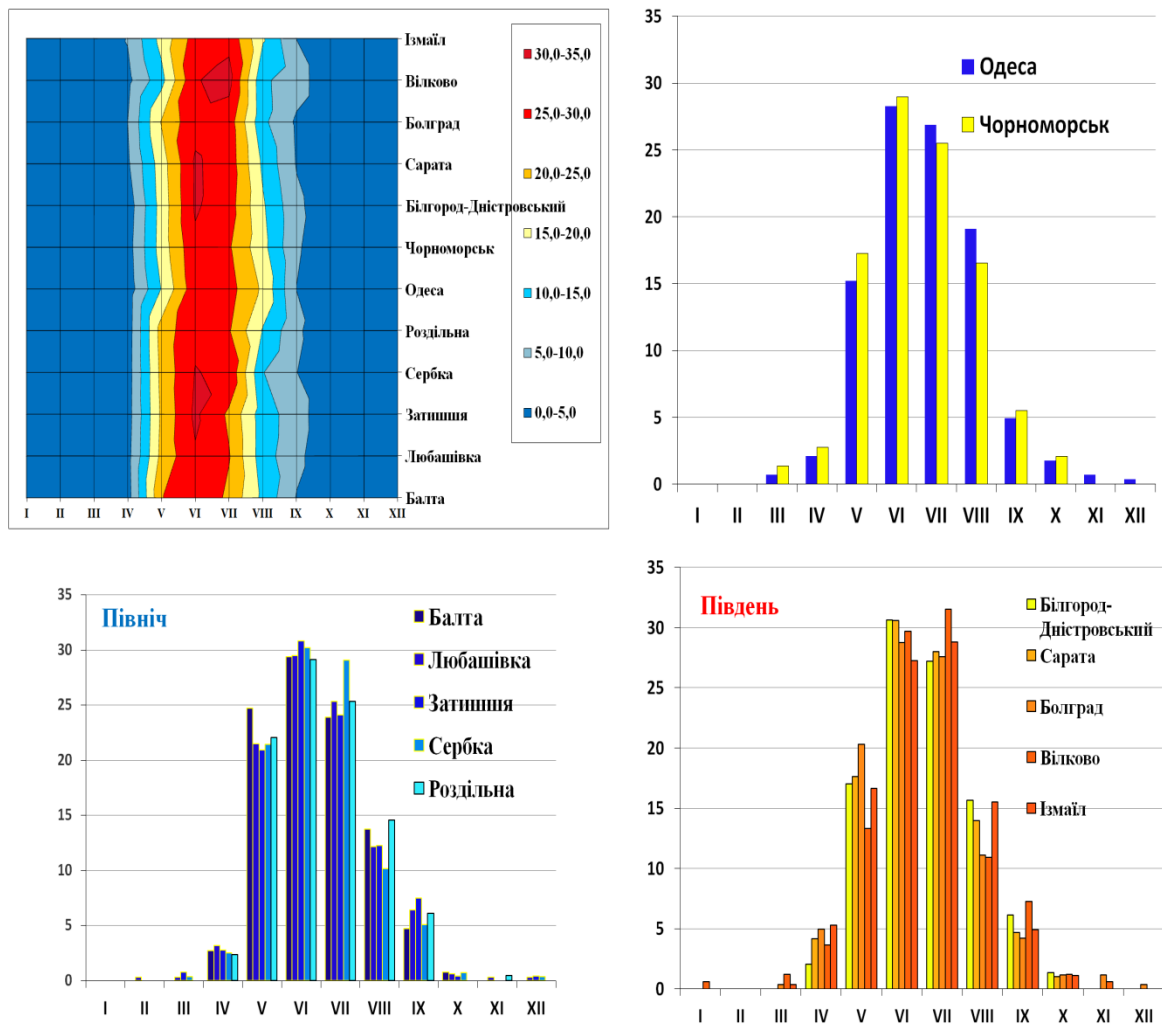


Рис. 2.4. Сезонний розподіл повторюваності гроз (%) над Одеською областю у 2005-2019 рр.

Щодо річного ходу грозової діяльності, то над Одесою та Чорноморськом його максимум припадає на червень, але в Одесі частка липня майже співпадає в червнем – різниця становить 0,4 %. Також травневі грози частіше лунають (на 2,7 %) над Чорноморськом, а серпневі (на 4,7 %) – над Одесою. Грози холодного півріччя значно частіше виникають над Одесою – 1,9 проти 0,5 % .

Якщо проаналізувати особливості річного ходу кількості днів з грозою над Одеською областю, то над півднем області (Ізмаїл, Вилкове) грози частіше виникали у липні на відміну від решти регіону, де максимум припадав на червень.

У холодне півріччя, тобто з листопаду по березень, грози частіше за все виникали над Болградом та Вилковим – 2,1 та 2,8 %. Жодного випадки грози за межами теплого періоду не було над Білгород-Дністровським, Болградом та Балтою.

Найбільшу кількість гроз над пунктами Одеської області можна помітити на півночі області – від 213 (Роздільна) до 312 (Любашівка) випадків за 2005-2019 рр. або від 15,2 до 20,8 днів з грозою на рік.

Для більш наочного представлення міжрічної мінливості кількості гроз створені карти ізоплет кількості днів з грозою по роках та місяцях для кожного пункту дослідження (рис. 2.5-2.17).

На рис. 2.5 дозволяє виявити відносний максимум повторюваності гроз у травні і червні 2013 р. над центром та північню Одеської області та мінімальні показники у 2016 р. над всім регіоном. Над деякими станціями у різних частинах регіону (Балта, Затишся, Білгород-Дністровський, Болград, Вилково) у 2016 р. взагалі не фіксувалося жодної грози, над Чорноморськом та Саратою – по одному випадку у травні. Але над Любашівкою саме у 2016 р. спостерігалось максимальна кількість гроз на рік – 28 випадків. Над Одесою також процеси грозоутворення не знижали активність та метеорологічна станція відмітила 21 грозу, що було вище середнього за 2005-2019 рр. (18,9).

За весь період дослідження лише в Любашівці (рис. 2.7) та Одесі (рис. 2.11) не виявилось жодного місяця теплого півріччя без виникнення гроз, що підтверджує локальність розповсюдження цього явища.

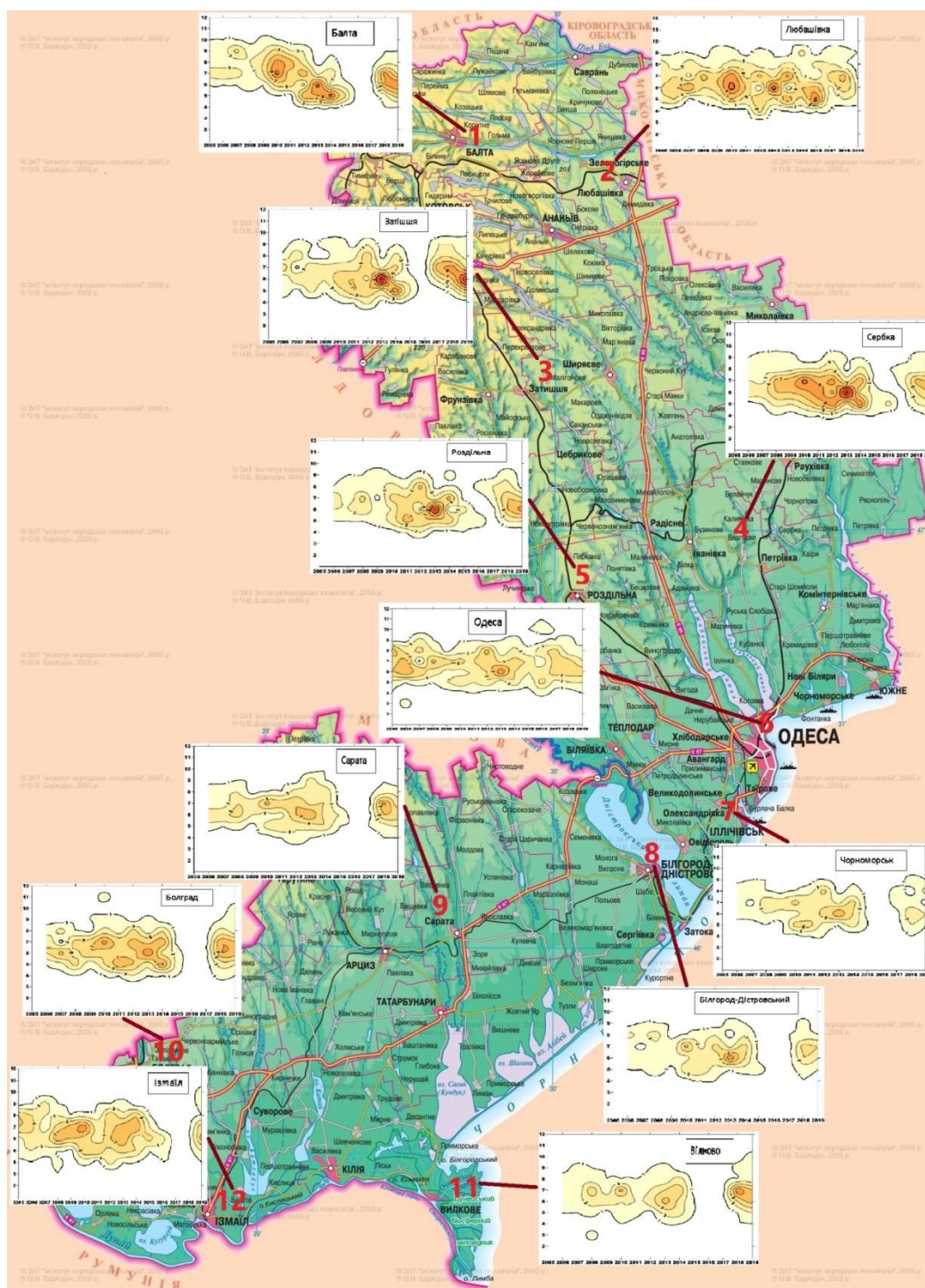


Рис. 2.5. Карта кількості днів з грозою над Одещиною у 2005-2019 рр.

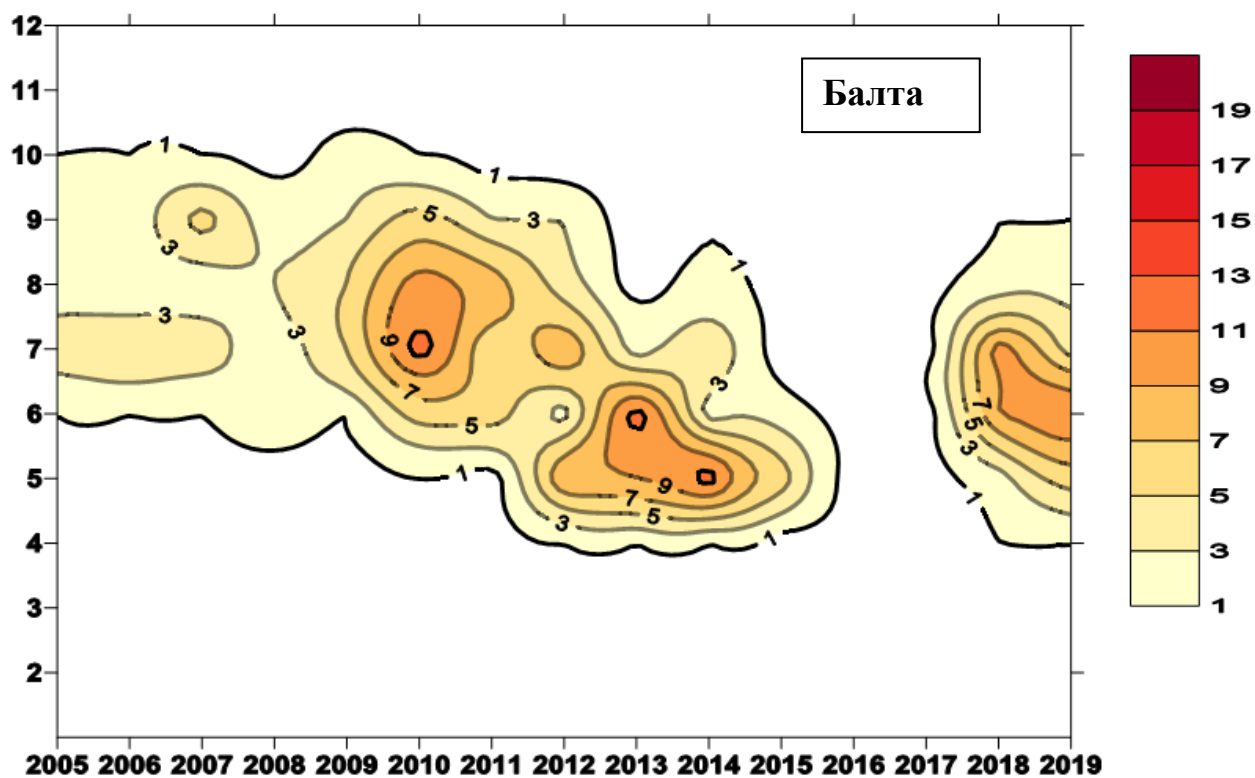


Рис. 2.6. Повторюваність гроз (P, к.в./%) над Балтою з 2005 по 2019 рр.

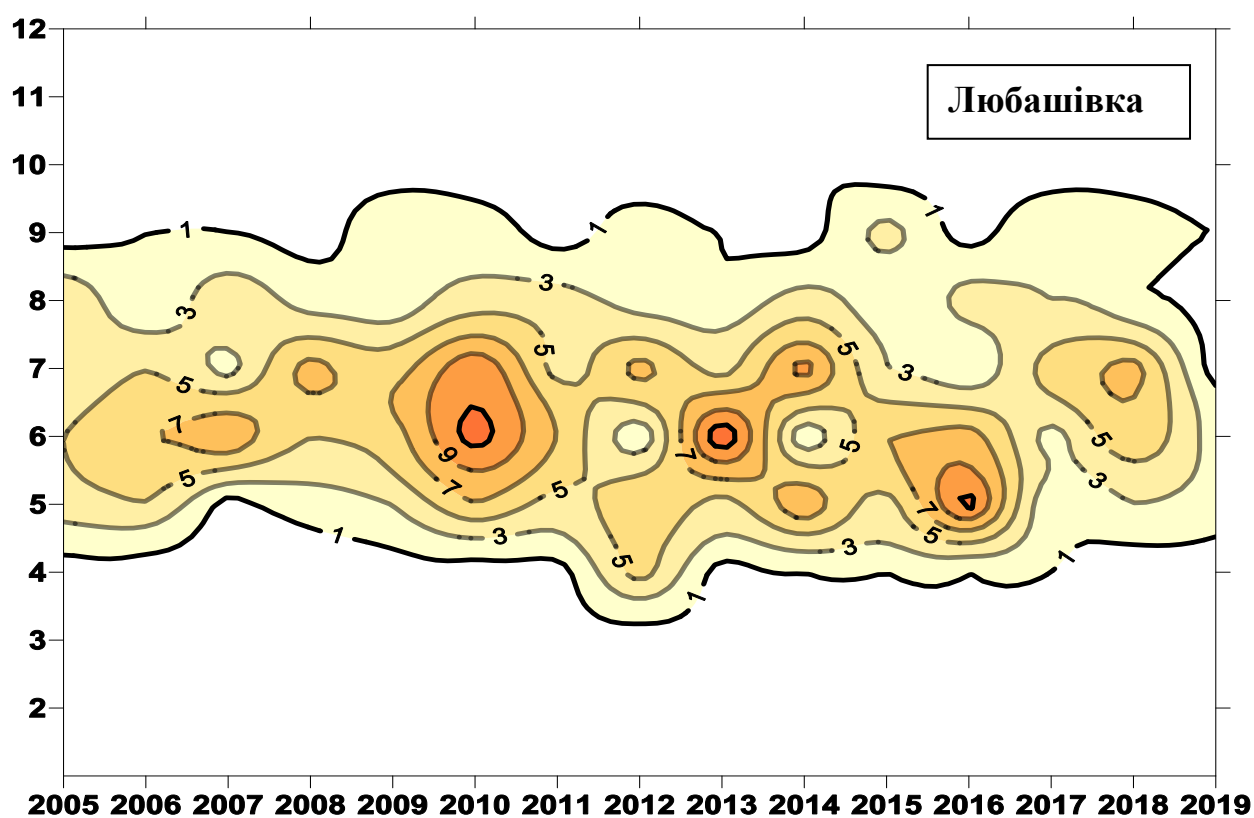


Рис. 2.7. Повторюваність гроз (P,к.в./%) над Любашівкою з 2005 по 2019 рр.

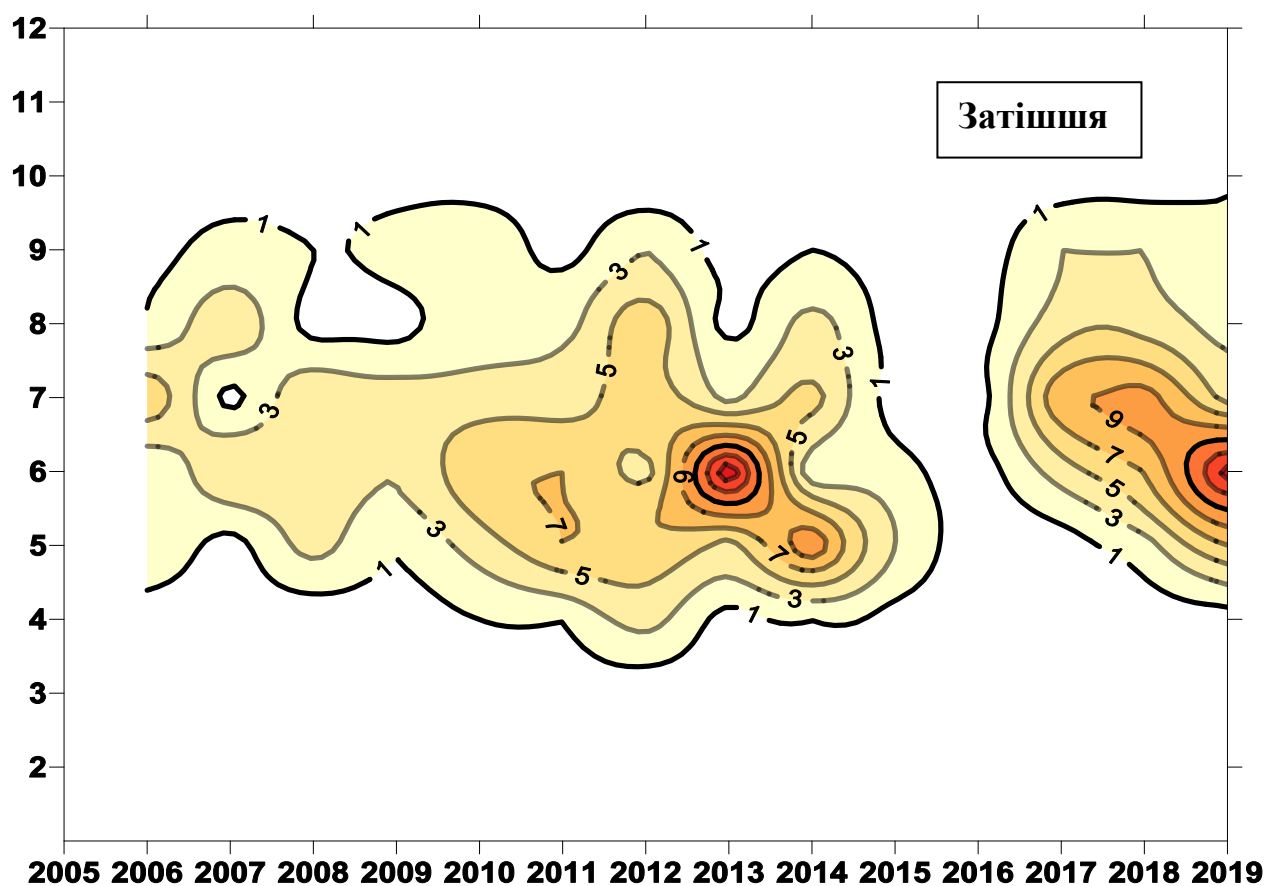


Рис. 2.8. Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Затишшям з 2005 по 2019 рр.

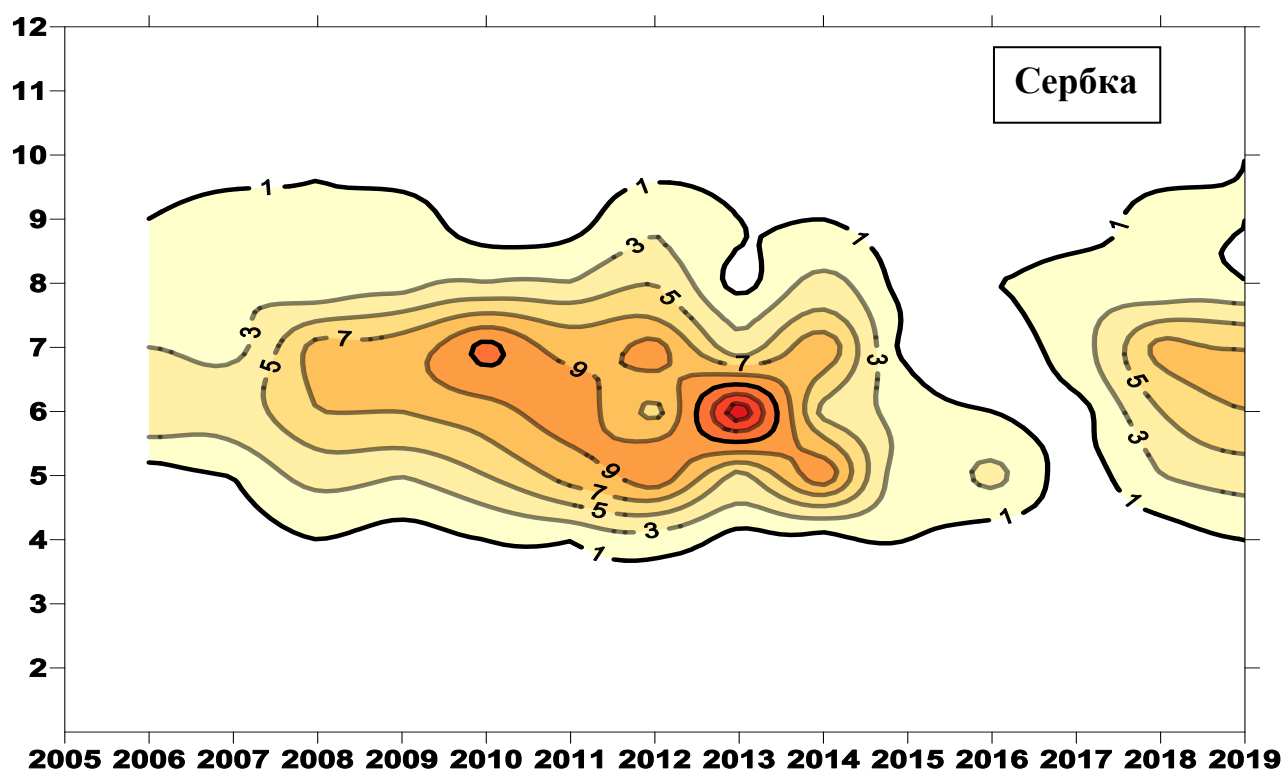


Рис. 2.9. Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Сербкою з 2005 по 2019 рр.

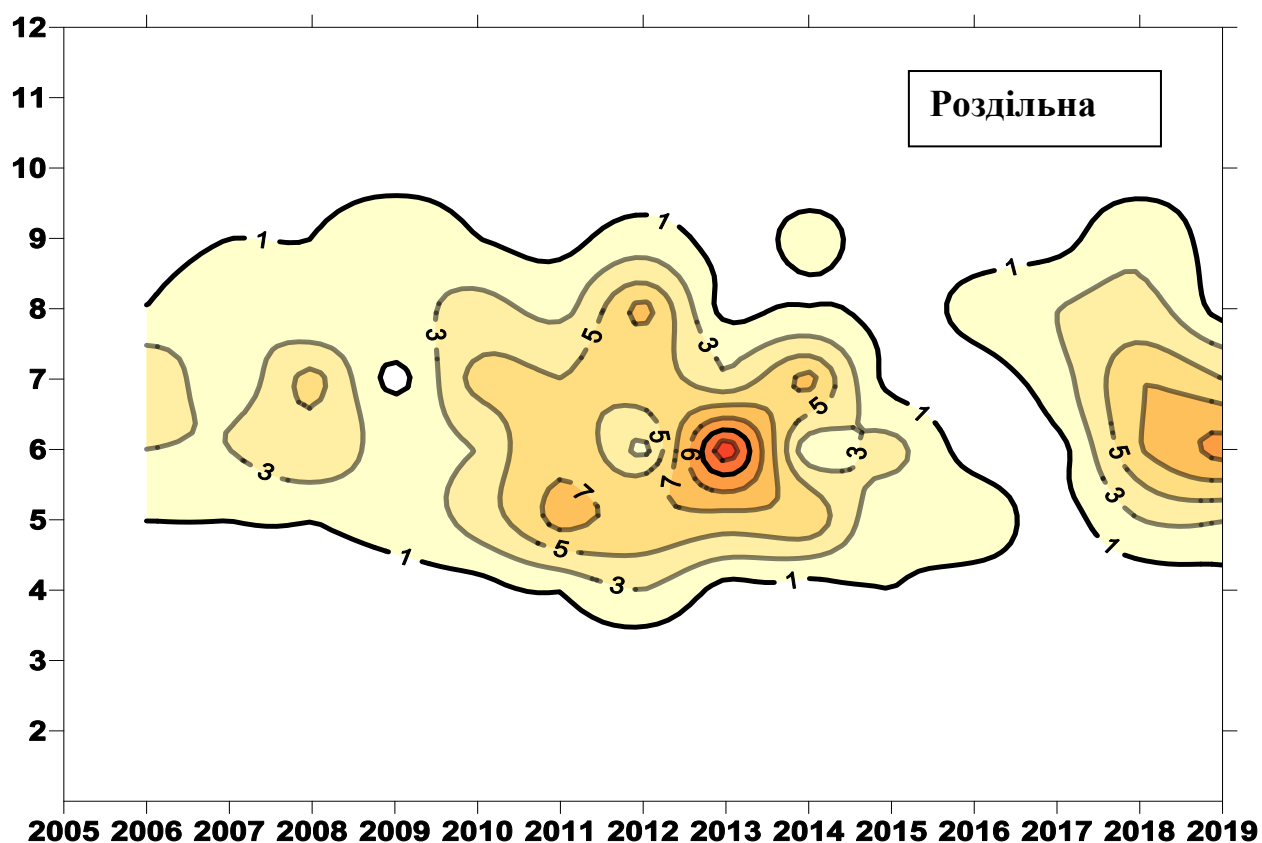


Рис. 2.10. Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Роздільною з 2005 по 2019 рр.

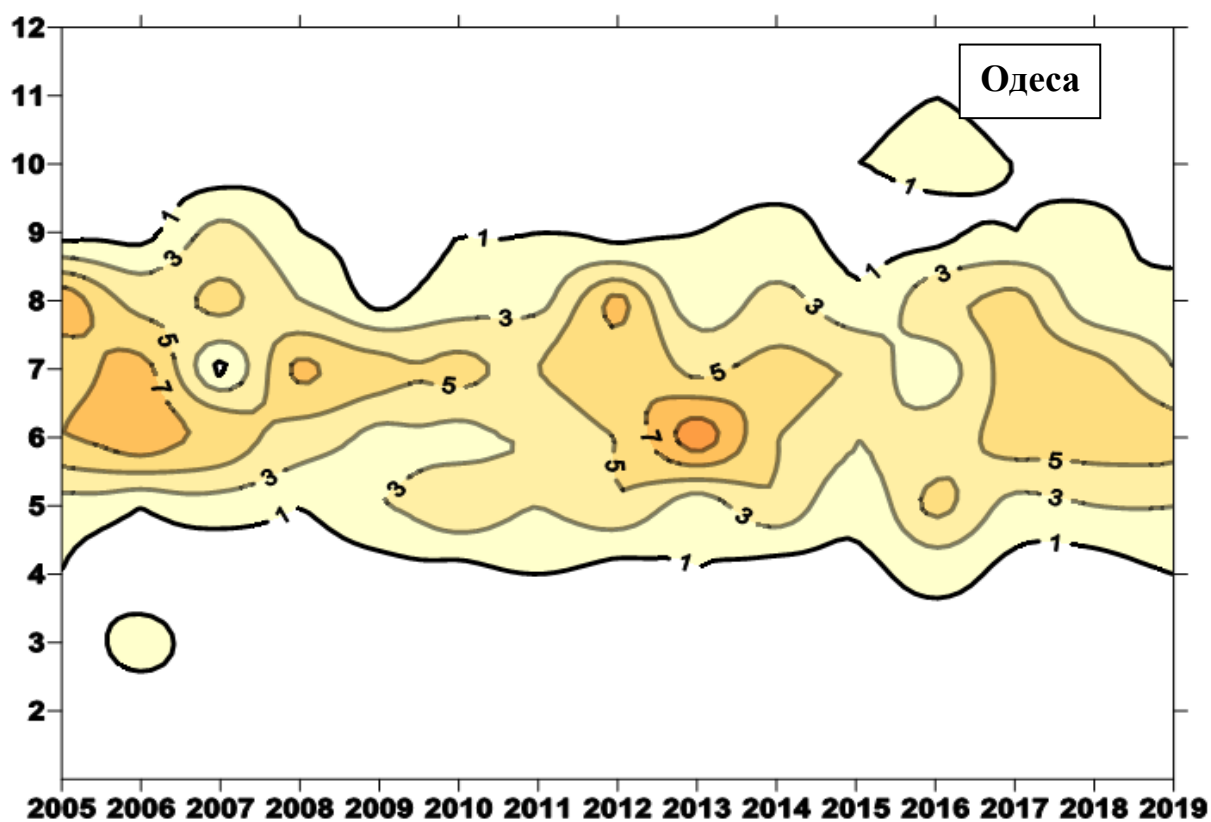


Рис. 2.11. Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Одесою з 2005 по 2019 рр.

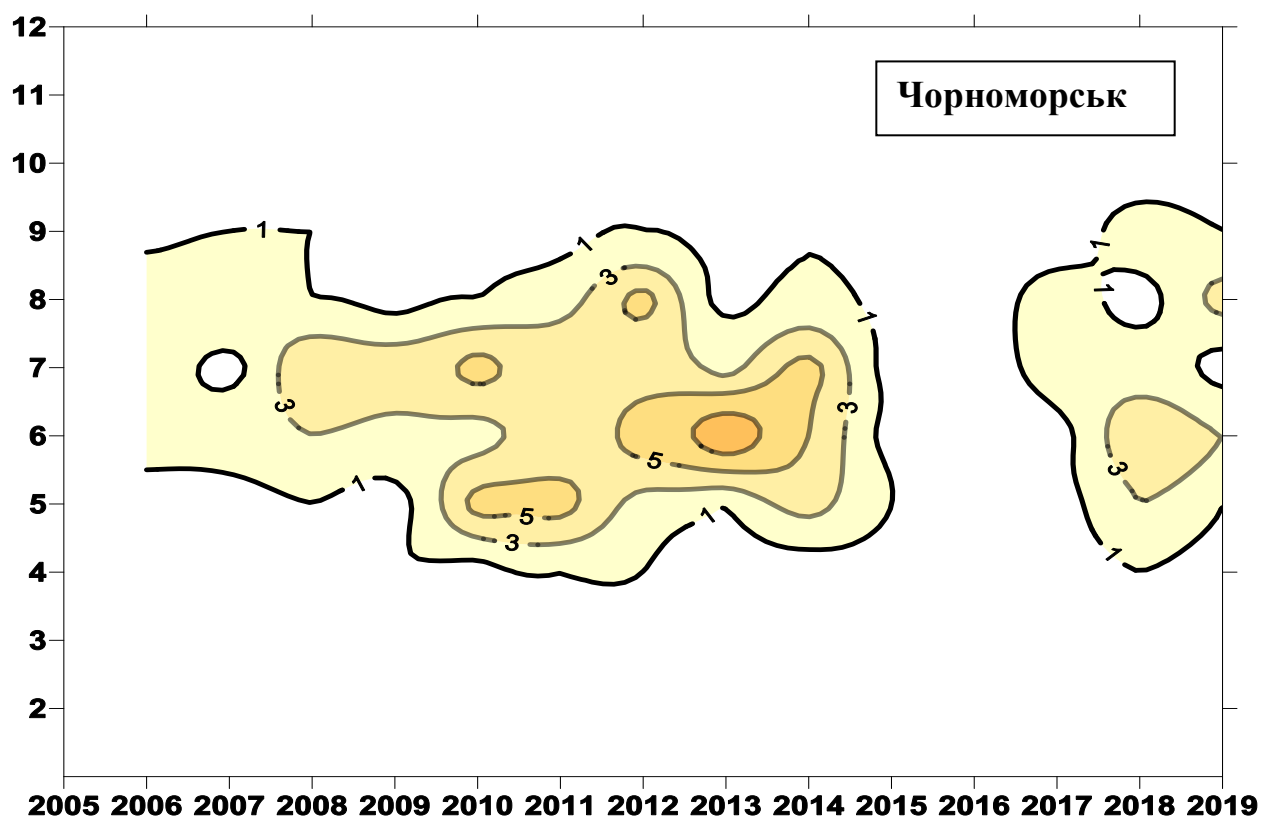


Рис.2.12. Повторюваність гроз(P , к.в./%) над Чорноморськом у 2005- 2019рр.

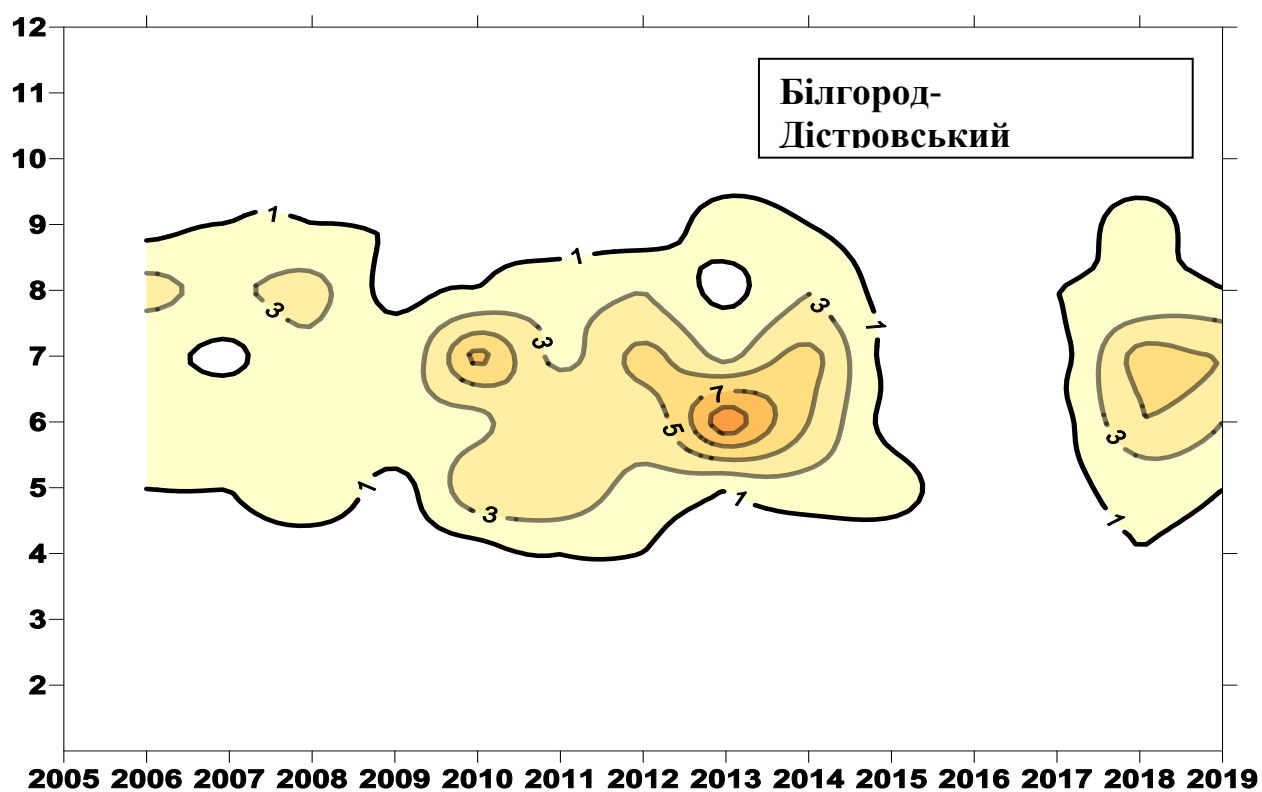


Рис. 2.13. Повторюваність гроз (P , к.в./%) над Білгород-Дністровським з 2005 по 2019 рр.

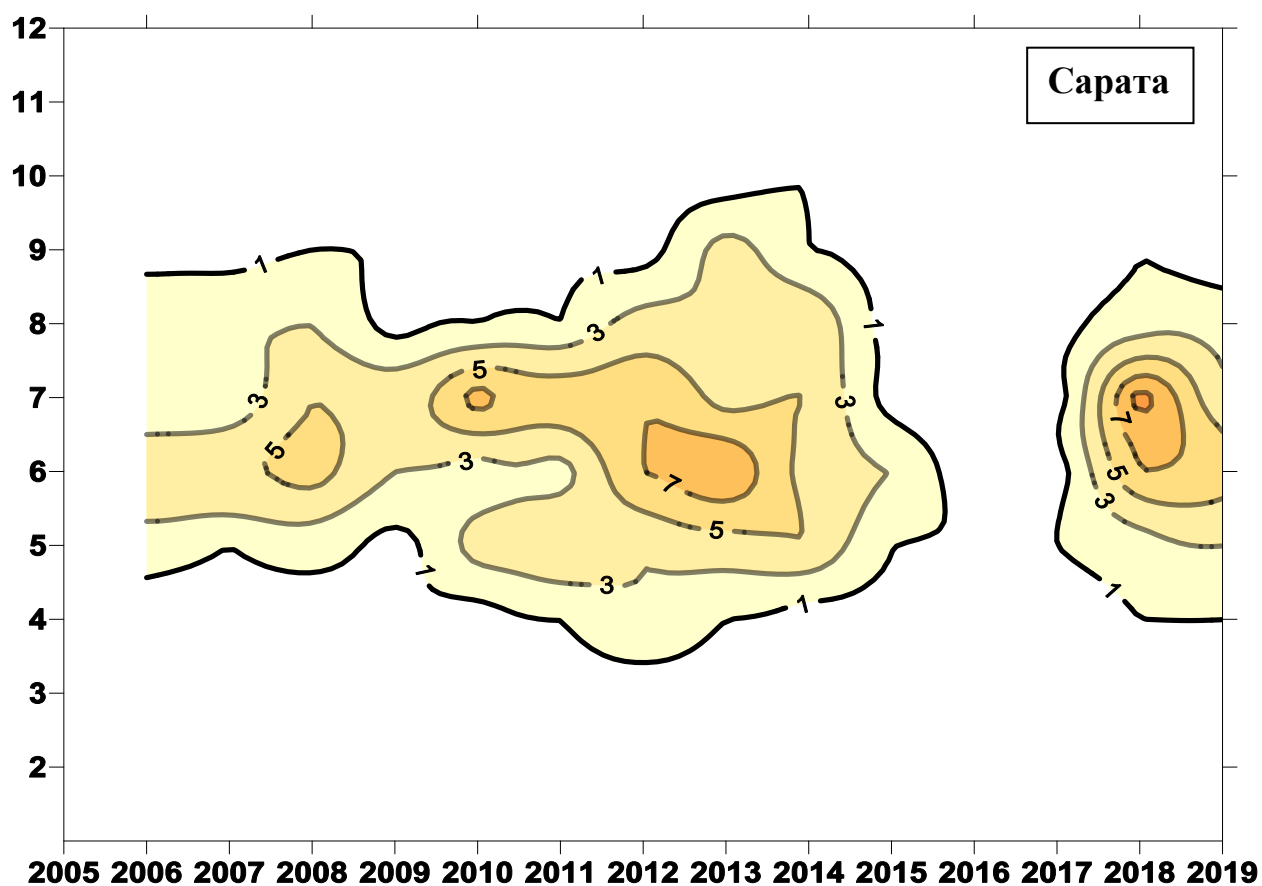


Рис. 2.14. Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Саратою з 2005 по 2019 рр.

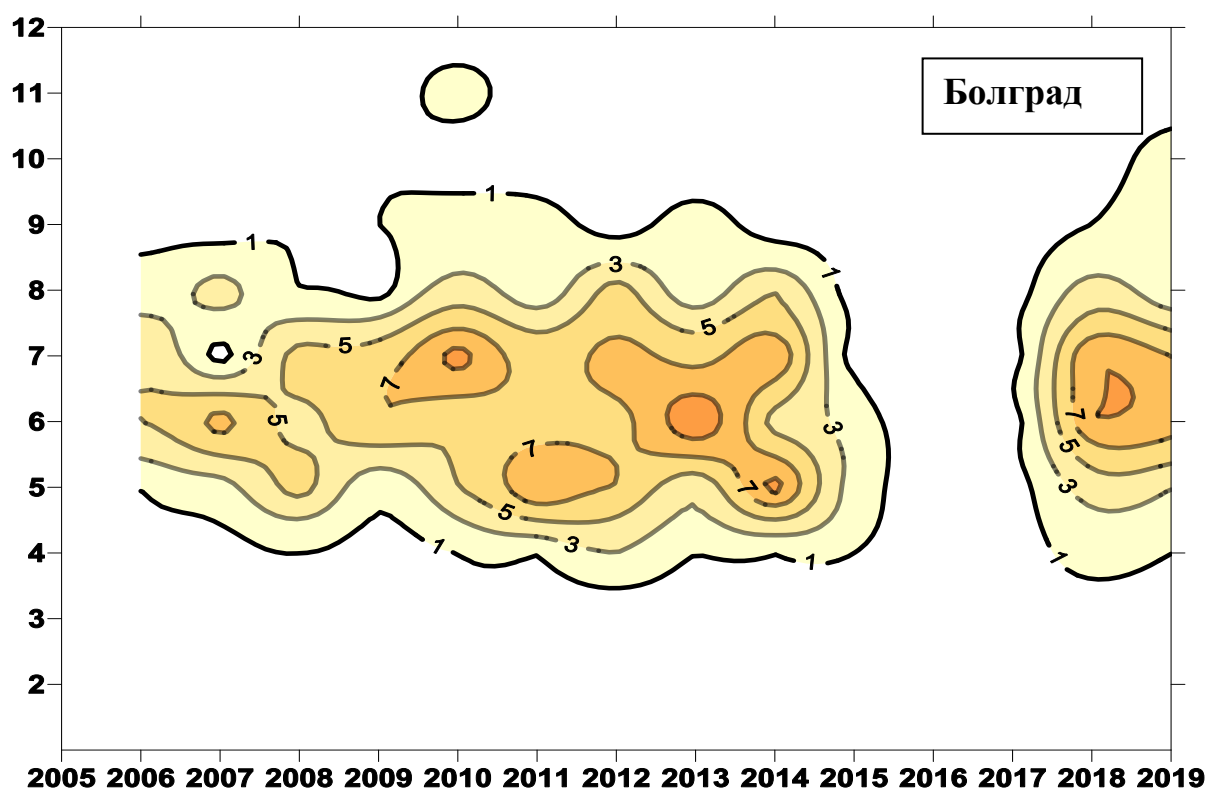


Рис. 2.15. Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Болградом з 2005 по 2019 рр.

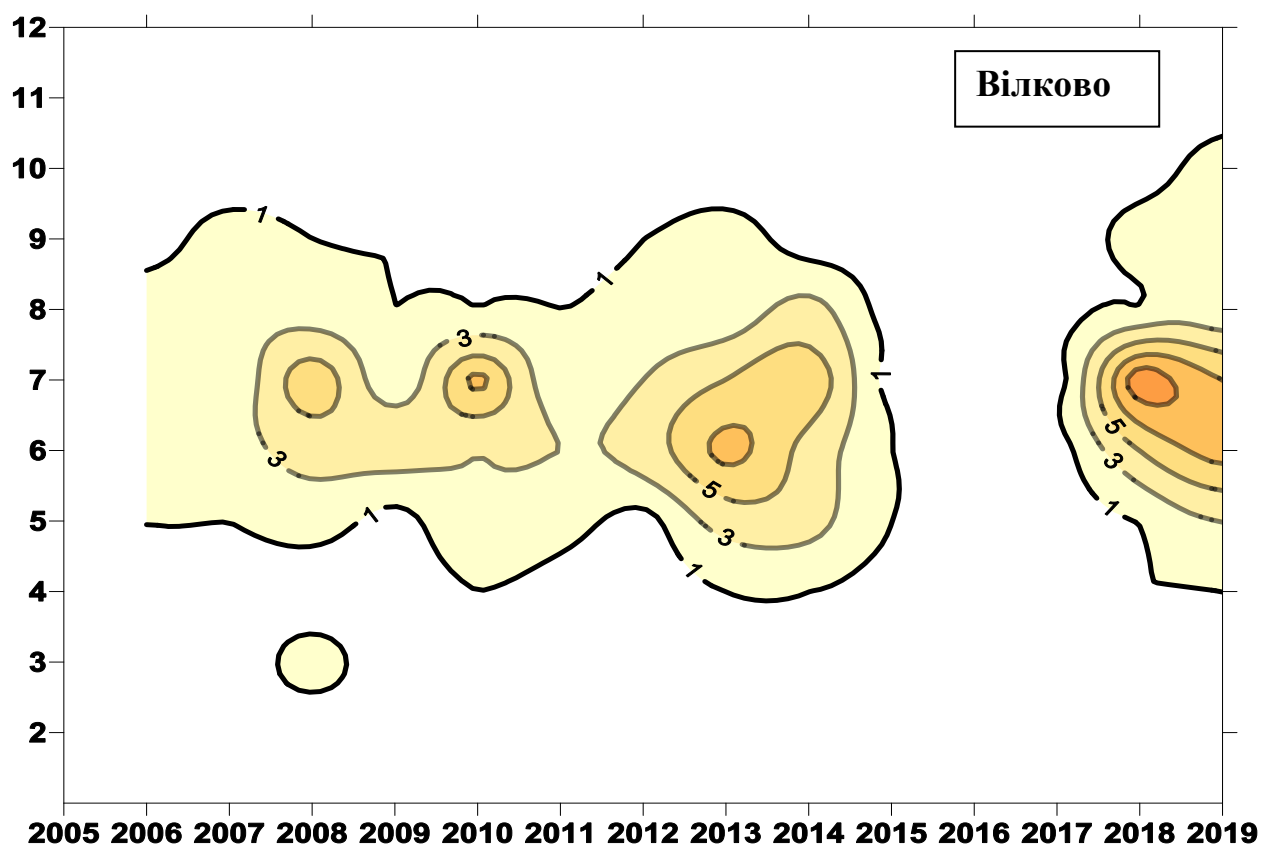


Рис. 2.16. Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Вилковим з 2005 по 2019 рр.

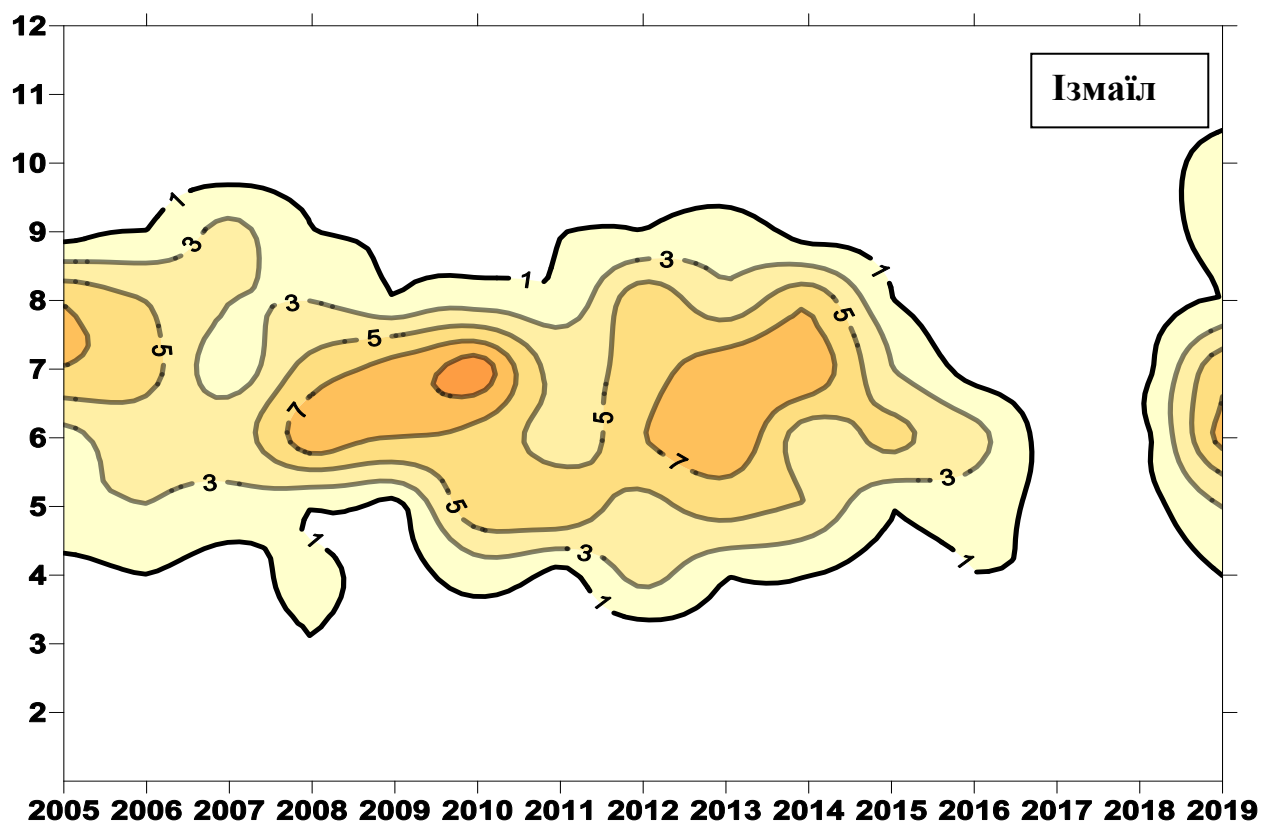


Рис. 2.17. Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Ізмаїлом з 2005 по 2019 рр.

Отже, над Одеською областю грозова діяльність у 2005-2019 рр. була менш активною у порівнянні з 1961-1990 рр., але географічний розподіл інтенсивності грозоутворення не зазнав помітних змін, за виключенням Болграду, де зниження кількості днів з грозою була найбільшою.

Практично всі грози утворювалися з квітня по вересень (98 %), у холодному періоді грози частіше виникали у жовтні (1 %), можливо завдяки збереженню циркуляційних процесів у першій половині жовтня, характерних для літнього періоду. Не було жодного місяця, коли над областю не було б грози протягом 2005-2019 рр.

Найчастіше грози утворювалися над Любашівкою та Сербкою, а також над Одесою та Болградом – в середньому більше 18 днів на рік.

Аналіз міжрічної мінливості виявив найбільшу грозову активність над регіоном у травні та червні 2013 р. та найменшу у 2016 р., коли над станціями Балта, Затишся, Білгород-Дністровський, Болград та Вілково не було жодної грози.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ УМОВ ВИНИКНЕННЯ ГРОЗ НАД ОДЕЩИНОЮ

3.1 Синоптичні процеси, що сприяли утворення гроз над Одеською областю у 2015-2019 рр.

Оскільки можливість виникнення грози визначається сукупністю циркуляційних та термодинамічних умов, то проаналізуємо, завдяки чому виникали грози над Одеською областю з 2015 по 2019 рр.

Для визначення синоптичних умов виникнення гроз над Одеською областю обраний п'ятирічний період спостережень над станціями Балта, Любашівка, Затишся, Сербка, Роздільна, Одеса-ГМО, Чорноморськ, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Дунайська ГМО (Ізмаїл) з 2015 по 2019 рр., під час якого грози переважно утворювалися у 2018 та 2019 р. з максимумом річного ходу у червні.

За допомогою ресурсів [15, 16, 22] визначалася синоптична ситуація над південним заходом України для 520 випадків утворення грози, уточнювалося розташування атмосферних фронтів та вважалося, що гроза виникла при проходженні фронтальних розділів, якщо відстань між станцією та теплим фронтом становила не менш 250-300 км і 150-200 км між станцією та холодним фронтом або фронтом оклюзії. Результати цього етапу дослідження представлені в табл. 3.1

Отже, частіше над Одещиною виникали внутрішньомасові грози – 175 випадків або 34 %. Трохи менше гроз утворювалася при проходженні холодних фронтів – 154 грози або 30 % від їх загальної кількості. Трохи менше було пов'язано з діяльністю фронтів оклюзії - 139 гроз або 27 %, і найрідше грози траплялися на теплому фронті – лише 52 випадки (10 %).

В період 2015-2019 рр. найчастіше (рис. 3.1) можна було спостерігати внутрішньо-масові грози (34 %), які зумовлені конвекцією і виникають як у теплих масах повітря внаслідок нагрівання підстильної поверхні переважно у малоградієнтному полі підвищеного або зниженого тиску, так і в холодних, які переміщуються на теплу поверхню (рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Кількість гроз при різних синоптичних ситуаціях над Одеською областю у 2015-2019 рр.

Син. сит.	Балта	Любашівка	Затишя	Сербка	Роздільна	Одеса	Чорноморськ	Білгород-Дністровський	Сарага	Болград	Вілково	Ізмаїл
2015												
ХФ	4	11	2	1	2	0	1	1	2	1	1	6
ТФ	1	1	2	1	1	5	0	1	1	2	0	0
ФО	1	1	1	2	0	1	0	0	0	1	0	1
ВМ	2	7	0	1	3	5	0	0	1	1	1	3
2016												
ХФ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ТФ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ФО	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
ВМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017												
ХФ	0	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
ТФ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ФО	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
ВМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018												
ХФ	8	3	5	7	5	6	3	6	9	9	6	1
ТФ	2	3	1	0	3	4	3	1	2	4	1	0
ФО	5	10	0	8	10	6	6	9	7	8	9	0
ВМ	8	5	1	3	3	2	1	1	5	8	5	0
2019												
ХФ	5	1	5	8	3	5	2	1	4	4	4	4
ТФ	2	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
ФО	6	0	3	6	3	3	2	5	3	5	5	5
ВМ	12	4	18	8	6	6	4	3	6	14	14	14
2015-2019												
ХФ	17	19	14	16	10	13	6	8	15	14	11	11
ТФ	5	5	4	2	5	11	4	2	4	7	2	1
ФО	12	13	4	16	13	14	8	14	11	14	14	6
ВМ	22	16	19	12	12	13	5	4	12	23	20	17

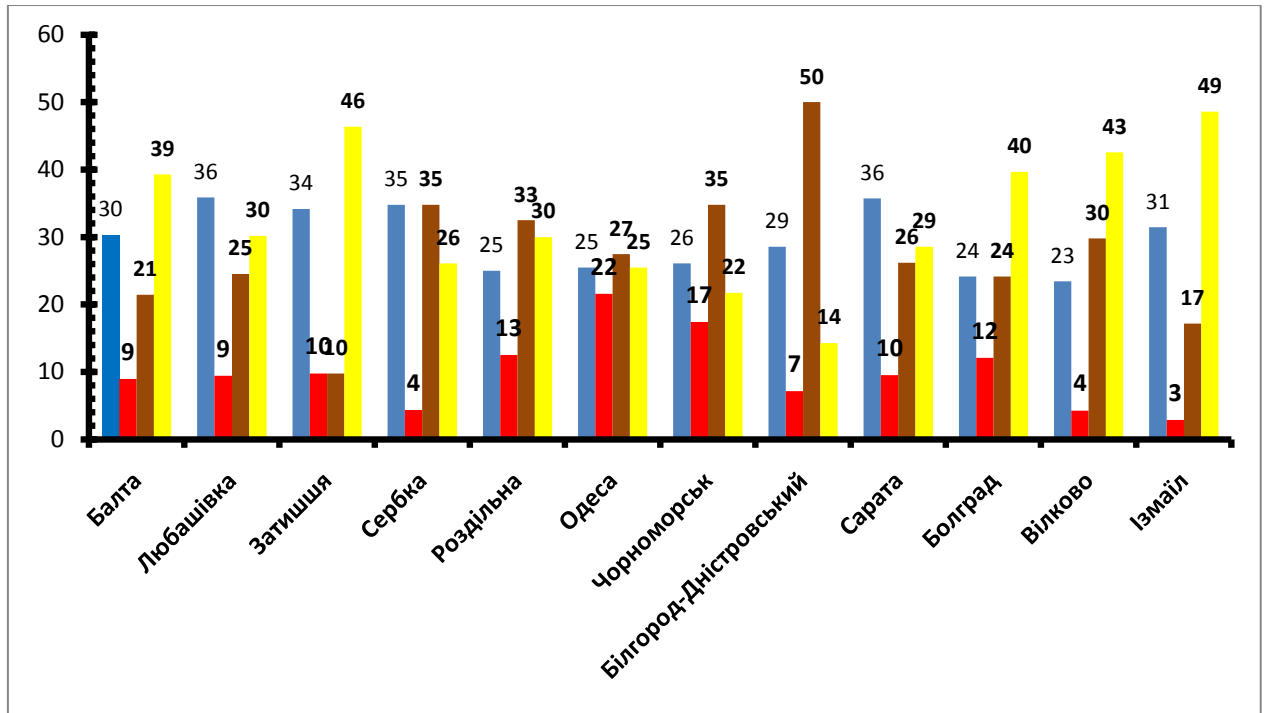


Рис. 3.1. Повторюваність (%) гроз на атмосферних фронтах та поза ними на станціях Одеської області 2015-2019 рр.

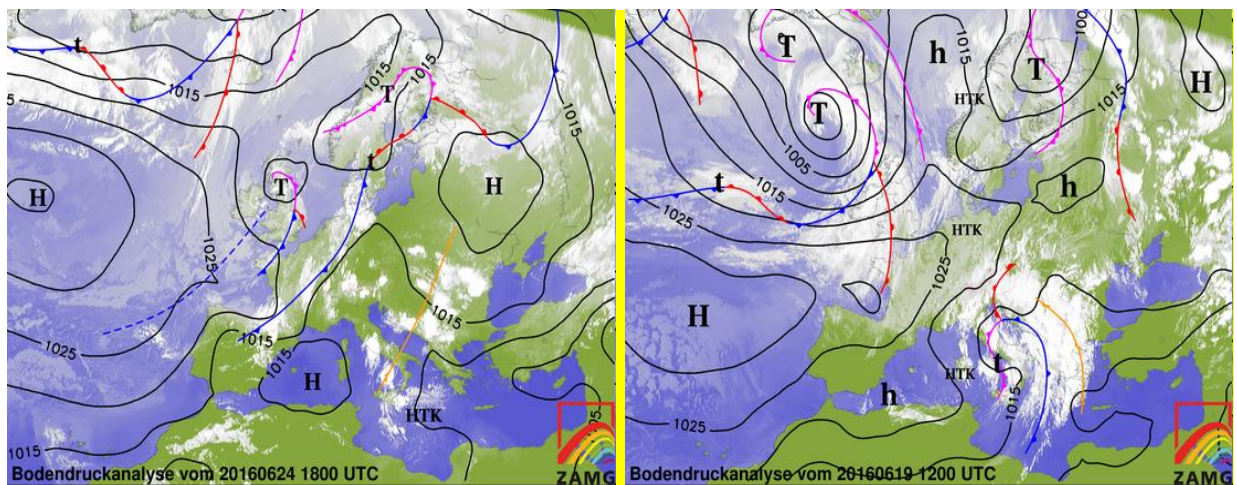


Рис. 3.2. Приземний аналіз та супутниковий знімок при внутрішньомасових грозах над Одещиною [21]

Над Ізмаїлом та Затішсям майже половина гроз мала внутрішньомасове походження (49 і 46 % відповідно), також їх частка була значною та перевищувала 40 % у Болграді, Вілково та Ізмаїлі, тобто на півдні Одеської області. Найрідше грози поза впливом фронтів спостерігалися у Білгород-Дністровському – 14 %.

Також значна частка гроз Одещини (30 %) розвивалася на основних холодних фронтах, де вони пов'язані з потужним витісненням теплої повітряної маси високого вологовмісту і нестійкої стратифікації уверх наступаючим валом холодного повітря (рис. 3.3).

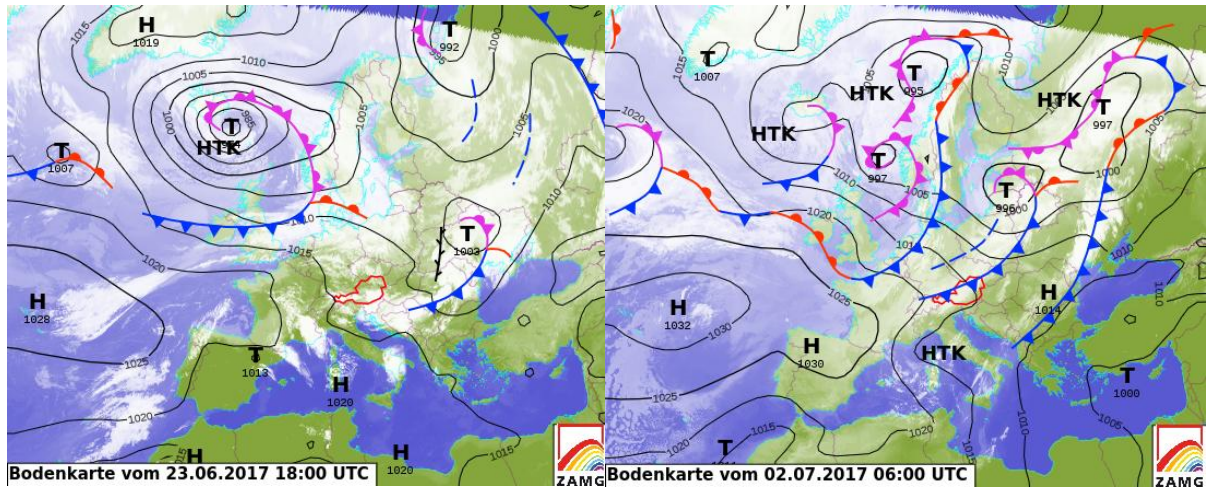


Рис. 3.3. Приземний аналіз та супутниковий знімок під час гроз на холодному фронті над Одещиною

Найбільшою повторюваністю гроз на холодному фронті відрізнялися північні станції Любашівка, Затишшя, Сербка (36, 34 і 35 % відповідно), а також дві південні – Сарата і Ізмаїл (36 і 31 %, відповідно). Відносно найрідше грози виникали при проходженні холодної ділянки фронту на півдні – Болград та Вілково (24 та 23 %).

На фронтах оклюзії спостерігалось 28 % гроз, коли більш холодне повітря витісняє менш холодне, проникає під поверхню теплового фронту, піднімаючи наверх тепле повітря, і цим спричинює розвиток цілого валу купчасто-дощових хмар за лінією фронту (рис. 3.4). Хмари у даному випадку дуже розвинуті вертикально, коли фронт оклюзії утворюється у центрі циклону.

Найчастіше грози при проходженні фронтів оклюзії виникали над Білгород-Дністровським, де з цією ситуацією пов'язувалися половина випадків гроз. Менш за все такі грози утворювалися у Ізмаїлі та Затишші – 17 та 10 % від загальної кількості гроз над Одещиною.

Значно менше гроз (10 %) розвивалося на теплому фронті, завдяки тому,

що під час підймання над фронтальною поверхнею зростає нестійкість стратифікації теплого повітря, що спричинює розвиток конвекції. Найчастіше це буває тоді, коли теплі фронти пов'язані з циклонами та улоговинами, що заглиблюються (рис. 3.5).

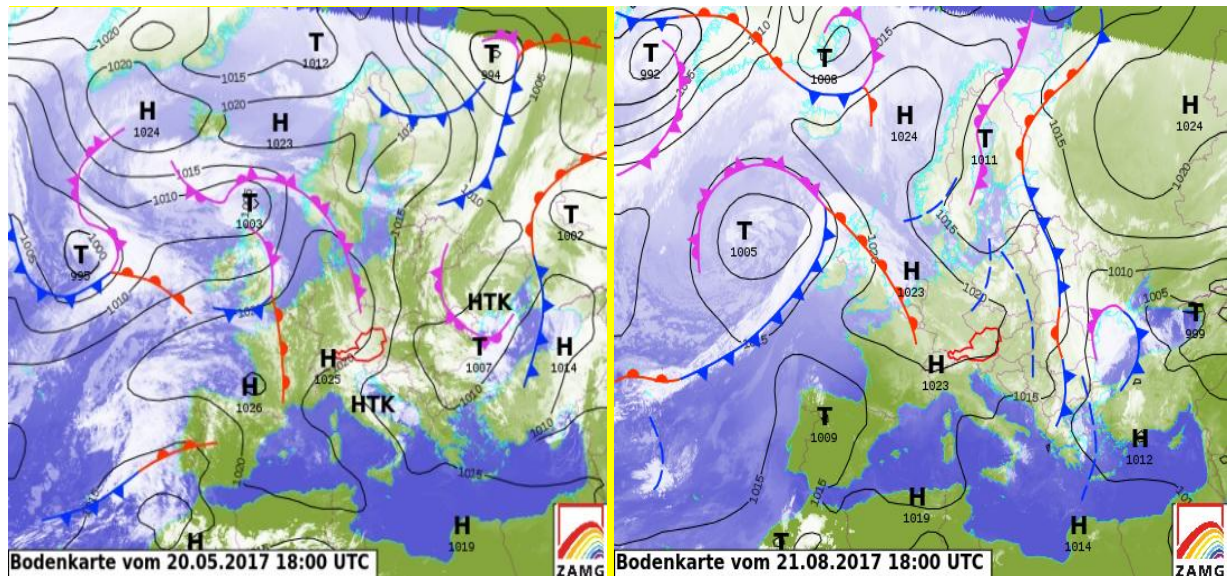


Рис. 3.4. Приземний аналіз та супутниковий знімок під час гроз на фронті оклюзії над Одещиною

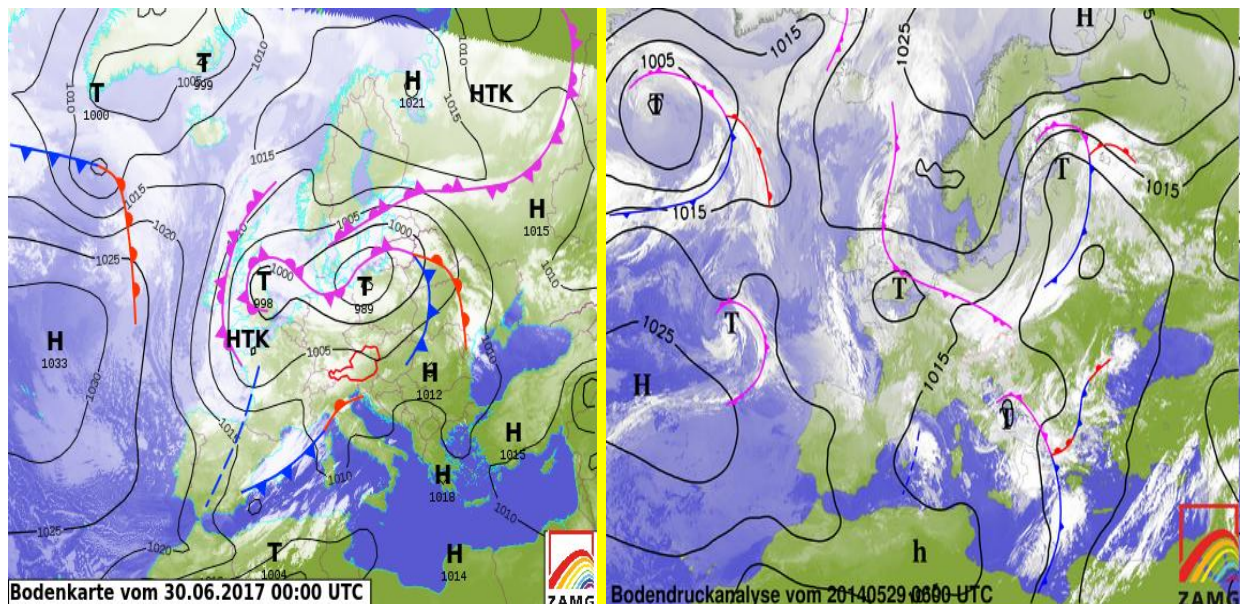


Рис. 3.5. Приземний аналіз та супутниковий знімок під час гроз на теплому фронті над Одещиною

Найчастіше грози на теплому фронті спостерігалися над Одесою – 22 %,

менш за все – над Сербкою, Вілково та Ізмаїлом – 4, 4 та 3 % відповідно.

Як звісно, над південним заходом України [9, 6, 13] переважають периферійні атмосферні процеси, але фронтальні грози утворюються при пересуванні над регіоном дослідження циклонів або при загостренні атмосферних фронтів на у перехідних зонах між баричними утвореннями різних знаку.

Існує багато класифікацій великомасштабної циркуляції атмосфери Північної півкулі, серед яких найбільш відома синоптична класифікація великомасштабних атмосферних процесів Б.Л. Дзердзеєвського [5]. Всі ці класифікації схематизують циркуляцію атмосфери, відкидаючи дрібні деталі баричного поля, що спрощує опис синоптичних процесів. Частина типів і груп типів із синоптичної класифікації Дзердзеєвського спостерігається досить синхронно з типами із класифікації, побудованої по формальних алгоритмах розбиття на кластери спостережених баричних полів.

В класифікації Дзердзеєвського тип великомасштабної атмосферної циркуляції для позатропічних широт Північної півкулі визначається положенням і характером основних синоптичних процесів у нижній тропосфері – переміщенням південних циклонів і траєкторій антициклонів, пов'язаних з арктичними вторгненнями. Ці процеси відображують відносно стійке у часі географічне положення висотних баричних улоговин і гребнів. Так звані елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ) розрізняються по числу та географічному положенню улоговин і гребнів у полі тиску середньої тропосфери і положенню траєкторій приземних баричних утворень. Число ЕЦМ, введених Дзердзеєвським, дорівнює 13. Незначні зміщення улоговин і гребнів у просторі і по сезонах доводить варіанти циркуляційних схем до 41. Цей набір дозволяє будь-який спостережений стан атмосфери віднести до конкретного типу циркуляції, так що зміни циркуляції в часі зводяться до зміни типів (протягом доби існує лише один тип).

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

Типізація циркуляційних процесів Б.Л. Дзердзеєвського, може бути корисною в цілях середньострокового і довгострокового прогнозування пилових бур. Можна припустити зв'язок типів ЕЦМ з умовами придатними

або не придатними для формування періодів активної грозової діяльності.

Календар послідовної зміни ЕЦМ за 1899-2018 рр. представлений на ресурсі [5] був залучений до дослідження. На його підставі створено за даними про 393 випадки гроз табл. 3.2, де наведена кількість випадків гроз при збереженні окремого типу ЕЦМ над станціями Одеської області.

Таблиця 3.2 – Повторюваність гроз при різних типах ЕЦМ. 2015-2018 рр.

ЕЦМ	Балта	Любашівк	Затишшя	Сербка	Роздільна	Одеса	Чорномор	Білгород-	Сарата	Болград	Вілково	Ізмаїл
2015												
2а	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7ап	1	3	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0
8а	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9а	2	4	2	1	3	12	0	2	2	2	1	3
10б	1	1	0	1	1	4	0	0	1	0	0	0
12а	3	1	2	1	1	8	1	2	1	1	1	2
12бл	2	1	0	0	1	4	1	1	0	1	0	1
13л	0	3	0	0	0	3	0	4	0	0	0	3
13з	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
2016												
2а	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7ап	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8а	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9а	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
10б	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12а	0	5	0	2	1	3	0	0	0	0	0	2
12бл	0	6	0	2	2	3	0	0	0	0	0	2
13л	0	11	0	0	1	7	0	0	0	0	0	3
13з	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2017												
2а	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7ап	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8а	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9а	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
10б	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12а	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
12бл	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13л	0	11	18	4	5	17	4	1	0	0	0	0
13з	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018												
2а	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7ап	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8а	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9а	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
10б	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
12а	2	1	1	1	1	2	1	4	1	5	5	1
12бл	9	1	2	1	0	5	2	3	3	3	2	0
13л	9	8	4	9	7	6	6	4	8	13	7	0
13з	0	0	0	2	2	2	2	2	1	1	2	0
2015-2018 рр.												
2а	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1
7ап	1	3	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0
8а	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
9а	2	5	2	2	4	14	0	2	4	2	1	3
10б	1	2	0	1	1	5	1	0	2	0	1	0
12а	5	7	3	4	3	15	2	6	2	6	6	5
12бл	11	8	2	3	3	12	3	4	3	4	2	3
13л	9	33	22	13	13	33	10	9	8	13	7	6
13з	0	3	0	2	2	6	2	2	1	1	2	0

Виявилося, що переважно грозова діяльність над Одеською області під час встановлення ЕЦМ 13л – 44,8 % (рис. 3.6), тобто при меридіональної південної циркуляції, коли відсутні блокуючі процеси над Євразією та спостерігається пересування над нашим регіоном південних циклонів (рис. 3.7). Також досить помітна частка припадала на ЕЦМ 12а та 12бл – 16,3 і 14,8 %

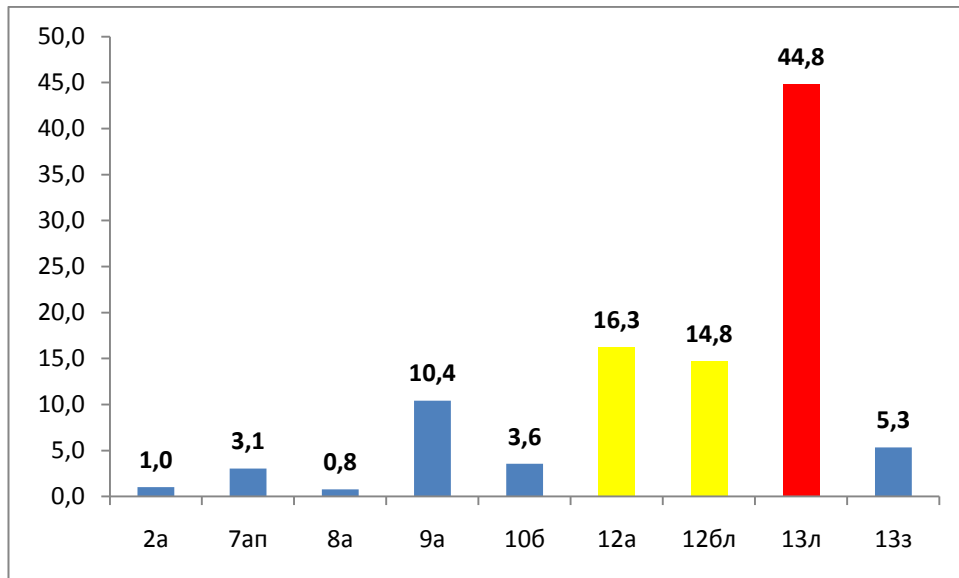


Рис. 3.6. Повторюваність (%) типів ЕЦМ, під час грозової діяльності над Одесою у 2015-2018 рр.

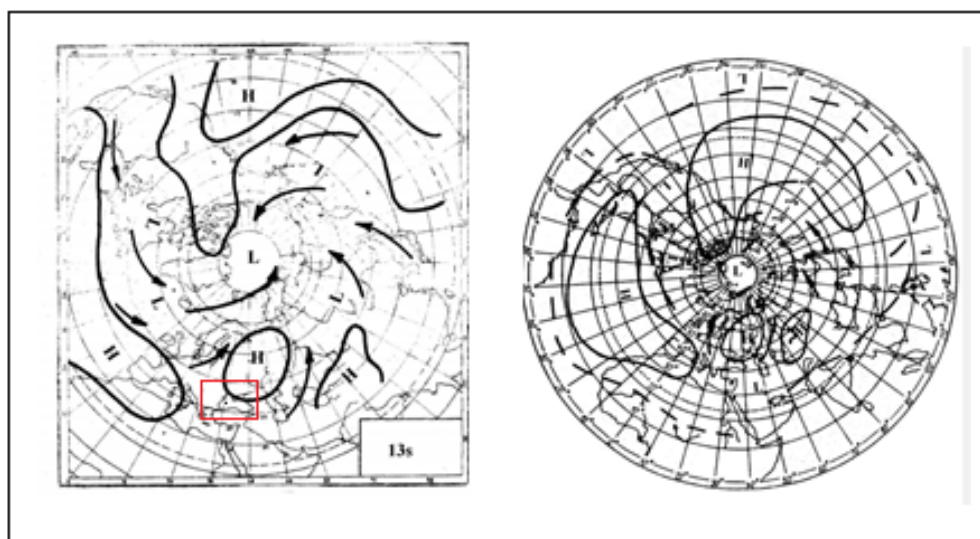


Рис. 3.7. Схема ЕЦМ-13л [6]

Основною ознакою, що характеризує тринадцятий тип ЕЦМ, є циклонічної над Арктикою. Вона визначається розвитком циклонічної діяльності на арктичному фронті і, особливо, регенерацією на ньому приходять з півдня в високі широти оклюдованого циклонів. Такі процеси спостерігаються протягом всього року (взимку рідше, влітку частіше). Сезонні відмінності ЕЦМ цього типу обумовлені головним чином зміною знака баричного поля над континентами і океанами.

3.2 Індекси нестійкості атмосфери

Сьогодні в прогностичних моделях погоди для прогнозу розвитку грози, граду, шквалу та інших небезпечних явищ погоди, обумовлених розвитком конвекції, практикується використання значень індексів, що характеризують конвекцію за низкою параметрів [17].

Кількісні значення індексів нестійкості, що розраховані на основі даних аерологічні зондування, дозволяють визначити потужність конвекції і, як наслідок, ймовірність розвитку того чи іншого небезпечного конвективного явища в альтернативних прогнозах.

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

$$CAPE = g \int_{LFCT}^{EL} dz * (T_i - T_e) / T_e, \quad (3.1)$$

де T_i – температура частки повітря, T_e – температура навколишнього повітря, g – прискорення вільного падіння, $LFCT$ – рівень конденсації, EL – рівень конвекції.

Загальний запас енергії нестійкості в атмосфері CAPE знаходиться як алгебраїчна сума енергій нестійкості окремих шарів від рівня конденсації до рівня конвекції.

Більш високі значення енергії нестійкості вказують на більш інтенсивну конвекцію в хмарі, тобто на більш небезпечні явища погоди.

Енергія нестійкості або індекс CAPE є незмінним предиктором в прогнозі небезпечних явищ, пов'язаних з конвекцією. Високий рівень потенційної енергії атмосфери є неодмінною умовою того, що піднімається частка досягне значно більших висот, ніж рівень вільної конвекції, а отже, збільшується небезпека розвитку таких явищ погоди як гроза і град.

Аналіз значень цього індексу в конвективній атмосфері дозволить кількісно оцінити ступінь розвитку конвекції і ймовірність утворення грози і граду (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Інтенсивність конвективних явищ за CAPE

CAPE, Дж/кг	Очікувана ситуація
400-1000	невелика нестійкість (Cu, Cb, слабкі зливові опади)
1000-2500	помірна нестійкість (Cb зі зливами, грози)
2500-3500	сильна нестійкість (грози, місцями сильні)
> 3500	дуже сильна нестійкість (сильні і дуже сильні грози, смерчі)

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

$$K_i = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - \Delta T_{d700}, \quad (3.2)$$

де K_i – індекс нестійкості (число Вайтінга), T_{850} – температура повітря на ізобаричній поверхні 850 гПа, T_{500} – температура повітря на 500 гПа, T_{d850} - точка роси на 850 гПа, ΔT_{d700} - дефіцит точки роси на поверхні 700 гПа.

Індекс K_i краще за все використовувати влітку для прогнозування внутрішньомасових гроз. Порогові значення з табл. 3.4 можуть змінюватися залежно від сезону, географії та синоптичної ситуації.

Таблиця 3.4 – Порогові значення індексу нестійкості Вайтінга

Значення Кі	Що очікується	Співвідношення площі, де очікують грозу до території за якою складено прогноз, %
< 20	без гроз	-
20-25	окремі ізольовані грози	10-20
25-30	кілька гроз	20-50
30-35	розсіяні грози	50-70
35-40	численні грози	> 70
> 40	грози повсюдно	100

Наступний індекс нестійкості, це вертикальний індекс VT (Vertical Totals):

$$VT = T_{850} - T_{500}, \quad (3.3)$$

де T_{850} - температура повітря на ізобаричній поверхні 850 гПа, T_{500} - температура повітря на 500 гПа. Якщо $VT > 28$ °С, то тропосфера має високий потенціал конвективної нестійкості, який достатній для утворення гроз.

Далі, індекс СТ - Cross Totals (табл. 4.3):

$$CT = Td_{850} - T_{500}, \quad (3.4)$$

де Td_{850} - точки роси на 850 гПа, T_{500} - температура повітря на 500 гПа.

Таблиця 3.5 – Інтенсивність конвективних явищ за СТ

Значення СТ	Очікувана ситуація
< 18	Тропосфера володіє низьким потенціалом конвективної нестійкості, який недостатній для грозової діяльності
18-19	Помірна нестійкість. Слабка грозова діяльність
20-21	Висока нестійкість. Грози.
22-23	Енергія нестійкості при якій можливі сильні грози.
24-25	Висока енергія нестійкості. Сильні грози.
> 25	Дуже висока енергія нестійкості. Дуже сильні грози.

На основі двох попередніх індексів (VT та СТ) складається підсумковий

індекс TT – (Total Totals):

$$TT = VT + CT, \quad (3.5)$$

де CT - Cross Totals індекс, VT - Vertical Totals індекс.

Таблиця 3.6 – Інтенсивність конвективних явищ за TT

Значення TT	Очікувана ситуація
< 44	Гророва діяльність не можлива
44-45	Окрема гроза або кілька гроз
46-47	Розсіяні грозові осередки
48-49	Значні кількість гроз, окремі з яких сильні.
50-51	Розсіяні сильні грозові осередки, окремі осередки зі смерчем
52-55	Значна кількість вогнищ сильних гроз, окремі осередки зі смерчем
> 55	Численні сильні грози з сильними смерчами

Індекс підйому Li (Lifted index) - різниця температур навколишнього повітря і деякого одиничного обсягу, який піднявся адіабатично від поверхні землі (або з заданого рівня) до рівня 500 гПа. Li розраховується з урахуванням залучення навколишнього повітря. Індекс Li характеризує термічну стратифікацію атмосфери по відношенню до вертикальним переміщенням повітря. Якщо $Li > 0$, то атмосфера (у відповідному шарі) стійка. Якщо значення $Li < 0$, то атмосфера нестійка (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Інтенсивність конвективних явищ за індексом Li

Значення Li	Очікувана ситуація
≥ 6	Глибока інверсія. Атмосфера дуже стійка. Розвинені низхідні рухи повітря
1...5	Стійкий стан атмосфери. Купчасті хмарність гарної погоди.
-2...0	Невелика нестійкість. Конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом.
-5...-3	Помірна нестійкість. Сильні грози
≤ -6	Висока нестійкість. Дуже сильні грози.

Індекс Томсона - Ti (Thompson index):

$$Ti = Ki - Li, \quad (4.7)$$

де Ki - індекс нестійкості(число Вайтінга), Li - Lifted index.

Таблиця 3.8 – Інтенсивність конвективних явищ
за індексом Томсона (Ti)

Значення Ti	Очікувана ситуація
<25	без гроз
25-34	можливі грози
35-39	грози, місцями сильні
≥ 40	сильні грози

3.3 Аналіз індексів нестійкості напередодні гроз над Одеською областю у 2018 та 2019 рр.

При прогнозуванні виникнення грози, граду, шквалу та інших небезпечних явищ погоди, які обумовлені розвитком конвекції, практикується використання значень індексів, що характеризують конвекцію за низкою параметрів [17].

Для аналізу термодинамічного стану атмосфери над Одещиною за основними індексами конвекції обрані всі випадки гроз за 2018 та 2019 рр., для яких за даними глобальної моделі GFS [18] були розраховані основні індекси конвекції (табл. 3.9 і 3.10)

Енергія нестійкості або індекс CAPE при грозі над станцією в 2018 р. в середньому складала 450-600 Дж/кг з максимумом над Балтою, а в 2019 р. була не дуже високою і перевищувала 400 Дж/кг лише на півночі області з максимумом над Любашівкою. Розрахунок енергії нестійкості над станціями без гроз при наявності грози над областю показав значення від 200 до 300 Дж/кг, отже відсутність умов для розвитку грози.

Число Вайтінга або Ki index демонструє готовність атмосфери до виникнення розсіяних гроз по всій території Одеської області, причому у 2019 р. цей параметр приймав трохи вищі значення.

Таблиця 3.9 – Значення індексів конвекції над Одеською областю при грозі у 2018 р.

2018 г.	CAPE				Ki			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	713	342	0	2400	37	35	22	44
Любашівка	486	387	0	2800	37	33	17	43
Затишшя	580	357	0	1600	36	36	24	46
Сербка	480	248	0	1700	36	32	18	45
Роздільна	590	369	0	2500	37	36	25	47
Одеса	539	222	0	1400	39	34	19	44
Чорноморськ	477	285	0	1400	38	36	20	52
Білгород-Дністровський	494	270	0	1400	37	35	21	45
Сарата	409	241	0	1600	36	35	24	49
Болград	331	287	0	1900	36	35	22	42
Вілково	476	336	0	1500	38	34	22	44
Ізмаїл	0	347	0	2100	33	35	22	43

2018 г.	VT				CT			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	26	26	17	32	29	28	19	34
Любашівка	26	27	21	32	29	28	20	34
Затишшя	26	26	21	31	28	28	22	33
Сербка	27	26	22	32	28	27	15	33
Роздільна	27	26	21	33	29	28	20	36
Одеса	27	26	21	32	30	28	25	33
Чорноморськ	28	26	21	32	31	29	26	40
Білгород-Дністровський	27	27	20	32	30	29	23	33
Сарата	26	27	20	39	27	26	19	34
Болград	27	26	20	31	27	27	19	34
Вілково	26	27	21	31	30	28	23	34
Ізмаїл	27	26	20	31	30	27	20	33

2018 г.	TT				Li			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	55	54	39	66	-2	-1	-8	7
Любашівка	56	54	45	65	-3	-1	-8	7
Затишшя	55	54	45	63	-2	-1	-5	6
Сербка	55	53	42	63	-2	-1	-6	5
Роздільна	56	54	45	67	-2	-1	-8	7
Одеса	58	55	46	63	-3	0	-5	6
Чорноморськ	59	56	47	67	-2	0	-5	6
Білгород-Дністровський	56	55	44	63	-1	0	-5	5
Сарата	53	53	42	70	-2	0	-5	7
Болград	54	53	40	61	-1	0	-6	8
Вілково	56	55	44	61	-2	0	-6	7
Ізмаїл	57	53	42	61	0	-1	-7	6

2018 г.	Ti			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	45	41	20	58
Любашівка	45	41	23	58
Затишшя	43	41	24	52
Сербка	43	40	28	54
Роздільна	44	41	23	58
Одеса	47	41	29	54
Чорноморськ	46	43	30	59
Білгород-Дністровський	44	42	26	54
Сарата	42	40	23	53
Болград	42	40	21	54
Вілково	45	42	27	53
Ізмаїл	40	41	25	55

Таблиця 3.10 – Значення індексів конвекції над Одеською областю при грозі у 2019 р.

2019 г.	CAPE				Ki			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	640	391	0	2100	35	34	20	46
Любашівка	760	461	0	2200	34	34	13	44
Затишся	673	239	0	1800	36	32	18	44
Сербка	391	374	0	2100	34	32	9	44
Роздільна	578	316	0	1800	35	33	14	44
Одеса	329	305	0	1500	37	34	14	45
Чорноморськ	378	288	0	1700	39	34	4	44
Білгород-Дністровський	333	254	0	1700	38	34	12	44
Сарата	286	326	0	1500	30	34	-9	45
Болград	304	297	0	1100	35	32	6	42
Вілково	300	242	0	1300	36	32	5	44
Ізмаїл	300	242	0	1400	35	32	7	44

2019 г.	VT				CT			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	27	27	20	31	30	28	22	33
Любашівка	29	27	21	30	30	29	22	34
Затишся	27	27	20	30	29	28	22	33
Сербка	27	27	23	31	28	28	19	34
Роздільна	27	27	22	31	28	27	18	33
Одеса	27	27	21	31	29	29	24	35
Чорноморськ	27	27	23	31	30	30	24	35
Білгород-Дністровський	27	27	23	31	29	29	23	34
Сарата	24	27	-13	31	24	28	-12	34
Болград	27	27	22	30	28	27	19	32
Вілково	27	27	23	32	29	28	20	33
Ізмаїл	27	27	22	32	28	27	19	32

2019 г.	TT				Li			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	57	55	42	63	-2	0	-7	14
Любашівка	58	55	44	63	-2	-1	-6	12
Затишся	56	55	42	63	-2	0	-6	12
Сербка	55	54	42	65	-1	0	-6	11
Роздільна	56	54	42	63	-2	0	-7	11
Одеса	56	56	47	66	-1	0	-5	9
Чорноморськ	57	57	48	66	-1	0	-6	8
Білгород-Дністровський	56	56	46	65	-2	0	-6	9
Сарата	48	55	-25	65	-1	0	-6	11
Болград	55	54	44	61	-1	0	-14	12
Вілково	55	55	43	64	0	0	-6	10
Ізмаїл	54	53	45	64	-1	0	-7	12

2019 г.	Ti			
	Ср. при грозі	Ср. без грози	Min	Max
Балта	37	35	12	51
Любашівка	36	35	8	48
Затишся	38	32	14	48
Сербка	35	32	3	49
Роздільна	37	33	9	49
Одеса	37	34	10	48
Чорноморськ	40	34	0	48
Білгород-Дністровський	39	34	9	50
Сарата	31	34	-8	47
Болград	36	33	5	55
Вілково	36	32	2	46
Ізмаїл	36	32	4	48

Вертикальний індекс перевищує у більшості випадків 26-28 °С, тобто тропосфера мала високий потенціал конвективної нестійкості, який достатній для утворення гроз. Але його значення на сусідніх станціях без гроз значно не відрізняються.

За значенням індексу СТ (Cross total), над Одещиною в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі сильні грози 2 рази та дуже сильні грози теж 2 рази.

Підсумковий індекс (ТТ) на станція Одещини свідчить про значну кількість вогнищ сильних гроз та можливі окремі осередки зі смерчем у 4 випадках. В одному випадку при $ТТ < 44$ °С, тобто коли за вказаним індексом не очікується умов для грозової діяльності. Решта випадків – значна кількість гроз, окремі з яких сильні.

Додатні значення індексу підйому (Lifted index), які передбачають наявність інверсії температури, коли атмосфера дуже стійка та є розвинені низхідні рухи повітря, над станціями Одеської області в середньому не виявилися, але окремі випадки фіксувалися. Переважно середнє значення L_i складало -2...-1 °С.

Таким чином, напередодні виникнення гроз над Одеською областю тропосфера мала високий потенціал конвективної нестійкості, але найчастіше перед грозою критичних критерії досягали індекси Вайтинга та Total Totals, тому що індекси конвекції по-різному відображають стан термічної стійкості.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи отримані наступні висновки:

1. Виявлено, що Одеською областю грозова діяльність у 2005-2019 рр. була менш активною у порівнянні з 1961-1990 рр., але географічний розподіл інтенсивності грозоутворення не зазнав помітних змін, за виключенням Болграду, де зниження кількості днів з грозою була найбільшою.

2. Найчастіше грози утворювалися над Любашівкою та Сербкою, а також над Одесою та Болградом – в середньому більше 18 днів на рік.

3. Практично всі грози утворювалися з квітня по вересень (98 %), у холодному періоді грози частіше виникали у жовтні (1 %), можливо завдяки збереженню циркуляційних процесів у першій половині жовтня, характерних для літнього періоду.

4. Найбільш активним грозоутворенням відзначилися травень та червень 2013 р., та найменша активність припала на 2016 р., коли над станціями Балта, Затишся, Білгород-Дністровський, Болград та Вілково не було жодної грози.

5. Виявлено, що у 2015-2019 рр. над Одещиною переважали внутрішньо-масові грози (34%), потім грози на основних холодних фронтах (30%), а також на фронтах оклюзії (27%). На теплих фронтах грози досить рідкісне явище, 10%. Над Ізмаїлом та Затишшям майже половина гроз мала внутрішньо-масове походження.

6. Переважно грозова діяльність над Одеською області розвивалася під час встановлення ЕЦМ 13л – 44,8 %, тобто при меридіональної південної циркуляції, коли були відсутні блокуючі процеси над Євразією та спостерігається пересування над нашим регіоном південних циклонів.

7. Найчастіше перед грозою критичних критерії досягали індекси Вайтинга та Total Totals, тому що індекси конвекції по-різному відображають стан термічної стійкості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине // Глобальные и региональные изменения климата; под ред. Осадчего В.И. / В.А. Балабух. Киев: НикаЦентр, 2011. С. 150-159.
2. Балабух В.О. Міжрічна мінливість інтенсивності конвекції в Україні. https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/poster_1/Balabukh.pdf
3. Балабух В. А., Лавриненко О. М., Ягодинець С. М., Малицька Л. В., Базалєєва Ю. О. Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості // Системи контролю навколишнього середовища: Збірник наукових праць МГІ НАН України. 2013. № 19. С. 189-198.
4. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
5. Календарь последовательной смены ЭЦМ по периодам [Электронный ресурс]. <http://atmospheric-circulation.ru> (дата звернення 10.12.2019 р.).
6. Клімат України. К.: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
7. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.)/ Державна гідрометеорологічна служба та ін. УНДГМІ ЦГО, Київ, 2006. [Електронний ресурс].
8. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине. - Л.:Гидрометеиздат, 1972. - 236 с.
9. Маркевич Є. А. Семергей-Чумаченко А. Б. Характеристика грозової діяльності над Одеською областю // Матеріали наук. конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2019. С. 254-256.
10. Мацук Ю.М. Зміни грозової активності на території України в ХХ та на початку ХХІ сторіччя // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія", 2013, № 39 (1084), С. 147-151.
11. Нажмудінова О. М. Грозова діяльність над Харковом // Вестник ГМЦ ЧАМ. 2018. № 1 (21). С. 20-29.

12. Настанова з метеорологічного прогнозування. Український гідрометеорологічний центр. Київ: 2019, 35 с. https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/настанова%20з%20метеорологічного%20прогнозування.pdf

13. Смекалова Л.К., Швер Ц.А. Климат Одессы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 174 с.

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

15. <http://www2.sat24.com/history.aspx?culture=en> (дата звернення 10.12.2019 р.).

16. http://www2.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html (дата звернення 9.12.2019 р.).

17. <http://flymeteo.org/stat/indexneust.php> (accessed 25.11.2019)

18. ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis_only (дата звернення 1.12.2019 р.).

19. <http://www.nwcsaf.org/web/guest/nec/geo-geostationary-archiv> (дата звернення 18.11.2019 р.).

20. [http://gp5.ua/Погода в мире](http://gp5.ua/Погода_в_мире) (дата звернення 15.11.2019 р.).

21. https://uk.wikipedia.org/wiki/Одеська_область (дата звернення 30.10.2019 р.).

22. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetterkarte> (дата звернення 8.12.2019 р.).

Додаток А

кафедри метеорології та кліматології
на магістерську роботу студентки гр. МЗМ–18
гідрометеорологічного інституту ОДЕКУ

Маркевич Євгенії Анатоліївни

Тема магістерської роботи

«Характеристика грозової діяльності над Одеською областю»

Кваліфікаційна магістерська робота виконана в рамках науково-дослідної роботи «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532).

В.о. зав. кафедрою

метеорології та кліматології

к.геогр.н., доц. Прокоф'єв О.М.

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми наукових робіт, автор, керівник роботи)	Кількість кредитів
Наукові статті	
Університетські конференції, семінари, гуртки	
1. Конференція молодих вчених ОДЕКУ 4-10 травня 2019 р. Тема доповіді: «Грози над Одещиною»	0,25
2. Наукові гуртки та семінари 2018, 2019	0,25
Опубліковані тези конференцій:	
Маркевич Є. А. Семергей-Чумаченко А. Б. Характеристика грозової діяльності над Одеською областю // Матеріали наук. конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2019. С. 254-257.	0,25
Участь у виконанні НДР	
«Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532 - 2018, 2019 р.	0,20 0,20
Конкурсні роботи:	
Конкурс наукових робіт серед студентів ОДЕКУ за напрямком географічні науки (гідрометеорологія) у 2018 рр., ОДЕКУ, м. Одеса: Гроза над Одесою (2018) Грози над Одещиною (2019)	0,25 0,25
ВСЬОГО	1,65

Додаток Б

Кількість випадків гроз над Одеською областю

Таблиця Б.1 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Балтою з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	7	2,7
V	1	1	1	3	1	6	6	9	9	12	6	0	0	2	6	63	24,7
VI	4	5	4	2	5	12	5	2	12	2	2	0	0	9	11	75	29,4
VII	2	1	2	3	5	10	8	9	2	5	0	0	0	10	4	61	23,9
VIII	3	2	6	2	3	6	3	4	0	2	0	0	0	2	2	35	13,7
IX	1	1	1	0	2	1	0	3	0	1	0	0	0	1	1	12	4,7
X	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,8
XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Всього	12	11	14	10	16	36	23	28	24	23	8	0	0	25	25	255	100,0

Таблиця Б.2 - Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Любашівкою (2005-2019рр.)

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,3
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,3
IV	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	0	0	10	3,2
V	4	5	0	2	3	7	4	7	4	9	4	12	1	3	2	67	21,5
VI	5	7	9	5	6	12	7	1	13	1	7	8	2	7	2	92	29,5
VII	3	5	2	8	6	11	4	8	4	10	3	1	6	8	0	79	25,3
VIII	5	1	5	2	1	4	4	2	1	4	1	4	3	1	0	38	12,2
IX	0	1	1	0	3	2	0	2	1	0	4	0	3	2	1	20	6,4
X	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0,6
XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,3
XII	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Всього	17	19	18	17	19	36	20	26	23	26	21	28	16	21	5	312	100,0

Таблиця Б.3 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Затишшям
з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0,8
IV	-	0	0	0	0	1	1	4	0	1	0	0	0	0	0	7	2,8
V	-	3	0	4	1	4	7	7	4	11	3	0	0	2	7	53	20,9
VI	-	1	5	4	3	7	7	4	17	1	2	0	4	7	16	78	30,8
VII	-	7	0	5	4	4	4	6	2	6	0	0	9	10	4	61	24,1
VIII	-	1	5	0	0	2	2	7	0	4	0	0	4	4	2	31	12,3
IX	-	0	2	1	2	3	0	3	0	1	0	0	3	3	1	19	7,5
X	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,4
XI	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Всього	-	13	12	14	10	22	21	31	23	24	5	0	21	26	31	253	100,0

Таблиця Б.4 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Сербкою з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	Р, %
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,4
IV	-	0	0	1	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	1	7	2,5
V	-	0	1	4	3	5	8	11	4	11	1	4	0	3	4	59	21,5
VI	-	5	4	7	7	8	10	6	17	4	2	1	0	5	7	83	30,2
VII	-	3	2	8	8	12	8	10	3	9	0	0	2	8	7	80	29,1
VIII	-	2	3	1	2	3	3	5	0	4	0	1	2	1	1	28	10,2
IX	-	1	2	1	2	0	0	3	1	1	0	0	0	2	1	14	5,1
X	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,7
XI	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Всього	-	11	12	23	22	29	30	37	26	29	5	6	4	19	22	275	100,0

Таблиця Б.5 - Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Роздільною (2005-2019 рр.)

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	-	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	5	2,3
V	-	1	1	1	2	4	8	7	6	7	1	3	0	3	3	47	22,1
VI	-	3	3	5	2	3	7	2	15	1	4	0	0	7	10	62	29,1
VII	-	5	1	6	0	6	5	6	3	8	0	0	2	7	5	54	25,4
VIII	-	1	3	1	2	4	2	8	0	1	0	2	3	4	0	31	14,6
IX	-	0	1	1	3	1	0	2	0	2	0	0	0	3	0	13	6,1
X	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XI	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,5
XII	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Всього	-	10	9	14	9	18	23	28	24	19	6	6	5	24	18	213	100,0

Таблиця Б.6 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Одесою з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,7
IV	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	1	6	2,1
V	2	1	2	1	3	5	3	5	1	5	1	6	2	3	3	43	15,2
VI	7	9	7	4	2	2	3	5	11	5	3	4	6	6	6	80	28,3
VII	5	8	0	8	6	6	5	7	4	6	5	1	6	6	3	76	26,9
VIII	9	4	6	3	0	2	2	8	1	4	1	5	6	1	2	54	19,1
IX	0	0	4	1	1	1	1	0	1	2	0	0	1	2	0	14	4,9
X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	5	1,8
XI	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0,7
XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,4
Всього	25	24	20	17	12	16	15	25	19	23	11	21	22	18	15	283	100,0

Таблиця Б.7 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Білгород-Дністровським з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	-	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3	2,0
V	-	1	1	3	0	5	5	2	1	2	2	0	0	2	1	25	17,0
VI	-	3	3	3	2	2	5	3	11	5	0	0	0	5	3	45	30,6
VII	-	1	0	3	1	8	2	6	2	6	0	0	0	6	5	40	27,2
VIII	-	4	3	4	0	1	2	3	0	3	0	0	1	1	1	23	15,6
IX	-	0	1	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0	2	0	9	6,1
X	-	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,4
XI	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Всього	-	9	9	14	4	17	16	15	16	17	2	0	1	17	10	147	100,0

Таблиця Б.8 - Повторюваність гроз (Р,к.в./%) над Саратою з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	-	0	0	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	1	1	8	4,1
V	-	2	1	2	0	4	5	3	4	5	1	1	1	2	3	34	17,6
VI	-	5	5	6	3	2	2	7	9	4	3	0	0	7	6	59	30,6
VII	-	1	1	5	4	8	6	7	4	5	0	0	0	10	3	54	28,0
VIII	-	3	3	3	0	1	1	4	3	5	0	0	0	2	2	27	14,0
IX	-	0	0	1	1	0	1	0	4	1	0	0	0	1	0	9	4,7
X	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1,0
XI	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Всього	-	11	10	17	10	15	16	24	25	21	4	1	1	23	15	193	100,0

Таблиця Б.9 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Чорноморськом з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	Р, %
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1
IV	-	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4	3
V	-	0	0	1	0	6	6	2	1	4	1	0	0	3	1	25	17
VI	-	2	2	3	2	2	3	6	9	5	0	0	0	5	3	42	29
VII	-	2	0	5	4	6	4	4	2	6	0	0	2	2	0	37	26
VIII	-	3	3	1	0	1	2	6	0	2	0	0	2	0	4	24	17
IX	-	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	1	8	6
X	-	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	2
XI	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XII	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всього	-	7	6	11	7	16	17	22	12	19	1	1	4	13	9	145	100

Таблиця Б.10 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Болградом
з 2005 по 2019 рр.

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4
IV	-	1	2	1	0	1	1	3	1	1	1	0	0	2	1	13	5,0
V	-	1	2	6	1	5	9	7	3	10	2	0	0	4	3	53	20,3
VI	-	5	8	4	7	5	6	6	11	4	2	0	0	9	8	75	28,7
VII	-	5	0	6	6	10	6	8	6	9	0	0	0	9	7	72	27,6
VIII	-	2	4	1	0	4	1	6	1	5	0	0	0	4	1	29	11,1
IX	-	0	0	1	1	2	2	0	2	0	0	0	0	1	2	11	4,2
X	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1,1
XI	-	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,1
XII	-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Всього	-	14	15	19	16	30	25	31	24	29	5	0	0	29	24	261	100,0

Таблиця Б.11 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Вилковим (2005-2019 рр.)

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,6
II	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	-	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,2
IV	-	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	6	3,6
V	-	1	1	2	0	3	2	0	4	4	1	0	0	1	3	22	13,3
VI	-	3	2	4	4	3	3	4	8	4	1	0	0	5	8	49	29,7
VII	-	1	1	7	1	8	1	3	5	7	0	0	0	11	7	52	31,5
VIII	-	2	2	2	1	1	1	2	1	4	0	0	0	1	1	18	10,9
IX	-	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	2	2	12	7,3
X	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1,2
XI	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,6
XII	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Всього	-	8	9	18	7	17	7	10	21	21	2	0	0	21	24	165	100,0

Таблиця Б.12 - Повторюваність гроз (Р, к.в./%) над Ізмаїлом (2005-2019 рр.)

Місяць	Роки															Сума	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4
IV	0	1	0	2	0	2	0	4	1	1	0	1	1	0	1	14	5,3
V	3	3	2	1	0	7	7	4	6	5	1	2	0	0	3	44	16,7
VI	2	4	4	9	7	6	3	7	9	3	6	4	0	0	8	72	27,3
VII	7	6	1	6	8	11	4	6	8	9	3	0	0	0	7	76	28,8
VIII	7	5	3	3	1	2	1	7	3	7	1	0	0	0	1	41	15,5
IX	0	1	4	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	2	13	4,9
X	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1,1
XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Всього	19	20	14	23	18	28	16	29	29	25	11	7	1	0	24	264	100,0