

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та  
підвищення кваліфікації кадрів  
Кафедра метеорології та кліматології

**Кваліфікаційна робота бакалавра**

на тему: Характеристика та циркуляційні умови утворення  
сильних опадів у Херсоні

Виконала студентка групи М – 5т (і) з/ф  
Спеціальності 103 «Науки про Землю»

Веретнова Вікторія Олексіївна  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

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

Консультант \_\_\_\_\_

Рецензент д. геогр.н., професор

Ляшенко Галина Віталіївна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Гідрометеорологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

«05» травня 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студентці *Веретновій Вікторії Олексіївні*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Характеристика та циркуляційні умови утворення сильних опадів у Херсоні*

керівник роботи *Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна, к.геогр.н., доцент*

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

затверджені наказом ОДЕКУ від «23» квітня 2021 року № 50 - С

2. Строк подання студентом роботи 3 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи *1. Дані восьми-строкових метеорологічних спостережень на метеостанції А Херсон. 2. Дані Кліматичного кадастру України. 3. Синоптичні карти та супутникові знімки*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1. Огляд літературних джерел за темою дослідження. 2. Загальна характеристика режиму опадів в Україні. 3. Порівнювальний аналіз багаторічного режиму опадів у Херсоні за 1961-1990 та 2005-2020 рр. 4. Визначення повторюваності сильних та надзвичайних опадів на станції Херсон у 2005-2021 рр. 5. Характеристика циркуляційних умов утворення сильних та надзвичайних опадів у Херсоні.*

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

*Рис. 1.1-1.3 – карти Херсонської області; Рис. 1.4-1.5 – річний хід температури повітря та кількості опадів у Херсоні; Рис. 1.6 - середня кількість опадів за рік над Україною. Рис. 2.1-2.4 – характеристика режиму опадів у Херсоні 2005-2020 рр. Рис. 3.1-3.3, Рис. А.1-А.18 – синоптичні карти та супутникові знімки*

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 05 травня 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи бакалавра.	05.05.2021 р. - 10.05.2021 р.	75	добре
2.	Порівняння показників сучасного режиму опадів (2005-2020 рр. ) з попереднім кліматичним періодом	11.05.2021 р. - 16.05.2021 р.	85	добре
3.	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>17.05.2021 р.- 22.05.2021 р.</b>	80	добре
4.	Визначення сучасного режиму сильних і надзвичайних опадів у Херсоні у 2005-2021 рр.	23.05.2021 р. - 27.05.2021 р.	98	відмінно
5.	Встановлення циркуляційних умов формування сильних опадів в Херсоні	28.05.2021 р. – 31.05.2021	96	відмінно
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	1-2.06.2021 р.	96	відмінно
7.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	03.06.2021 р.- 05.06.2021 р.	-	-
8.	Підготовка паперової версії кваліфікаційної роботи бакалавра і презентаційного матеріалу захисту	-	-	-
<b>9.</b>	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>	-	<b>90,0</b>	-

Студентка \_\_\_\_\_ Веретнова В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Семергей-Чумаченко А.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 ЗАГАЛЬНА КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	6
1.1 Фізико-географічний опис регіону дослідження .....	6
1.2 Короткий опис клімату Херсонської області.....	8
1.3 Опади, як небезпечні та стихійні метеорологічні явища.....	14
1.4 Просторово-часовий розподіл опадів над Україною у 1961-1990 рр.....	15
2 РЕЖИМ ТА УМОВИ УТВОРЕННЯ СИЛЬНИХ ОПАДІВ У ХЕРСОНІ.....	18
2.1 Характеристика режиму опадоутворення на ст. А Херсон за періоди 1961-1990 та 2005-2020 рр.....	18
2.2 Повторюваність та метеорологічні умови виникнення сильних опадів на ст. А Херсон.....	22
3 ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ УТВОРЕННЯ СИЛЬНИХ ОПАДІВ У ХЕРСОНІ .....	28
3.1 Атмосферна циркуляція півдня України .....	28
3.2 Характеристика синоптичних умов виникнення сильних опадів у Херсоні у 2005-2021 рр.....	32
ВИСНОВКИ .....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	40
ДОДАТОК.....	43



## ВСТУП

Опади – одна з основних та мінливих у часі та просторі характеристик клімату, яка значно впливає на життя та господарську діяльність суспільства. Сильні опади завдають шкоди сільському господарству через утворення повеней, затоплення посівів та інше. Енергетичний комплекс та зв'язок зазнають збитків через втрати на лініях електропередач внаслідок збільшення вологості повітря та налипання мокрого снігу. Успішність роботи всіх видів транспорту також залежать від опадів. Так, для авіації це замети на злітно-посадкових смугах, зменшення коефіцієнту зчеплення шасі та злітно-посадкової смуги, а також горизонтальної та вертикальної видимості при злеті та посадці повітряних суден. Сильні опади значно ускладнюють роботу портових споруд при обслуговуванні водного транспорту, а автомобільний транспорт несе серйозні збитки через утворення заметів, зменшення видимості, утворення бездоріжжя та зростання автоаварій.

Комунальне господарство також є зацікавленим споживачем прогнозів опадів, оскільки інтенсивні опади перевіряють надійність покрівель будинків і роботи зливної каналізації в містах, а при сильних снігопадах та налипанні мокрого снігу можлива поломка дерев в садах, на дорогах і парках.

За останні десятиріччя сучасні зміни клімату наявно проявляються через суттєві зміни режим опадів в різних регіонах світу [1-3, 9-11, 16-18]. Опади значно впливають на умови життя та господарську діяльність, а сильні опади приносять збитки сільському господарству та щороку в багатьох регіонах світу викликають надзвичайні ситуації метеорологічного характеру.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є визначення сучасного режиму утворення сильних та надзвичайних опадів на станції А Херсон, виявлення циркуляційних умов, які сприяли їх утворенню та посиленню.

Вихідною інформацією для вирішення основних задач були дані метеорологічних 8-строкових спостережень 2005-2020 роки та перші п'ять місяців 2021 р. на станції А Херсон.

Об'єкт дослідження: сильні та надзвичайні опади у Херсоні.

Предмет дослідження – характеристики режиму та умов утворення сильних опадів на станції А Херсон.

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

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

У вступі формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ складається із фізико-географічного опису Херсонської області, кліматичної характеристики міста Херсон та загальних відомостей щодо критеріїв небезпечного посилення опадів та кліматичного режиму опадоутворення над Україною.

Другий розділ присвячений визначенню показників сучасного режиму опадів на станції А Херсон, характеристики повторюваності та метеорологічних умов утворення сильних опадів у Херсоні.

В третьому розділі визначені циркуляційні умови виникнення сильних та надзвичайних опадів у Херсоні з лютого 2005 по травень 2021 рр.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 24 літературних джерел.

# 1 ЗАГАЛЬНА КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Фізико-географічний опис регіону дослідження

Херсонська область розміщена у степовій зоні Східноєвропейської рівнини в нижній течії Дніпра. З заходу на схід територія області простягається на 258 км, з півдня на північ майже на 180 км. Крайніми пунктами Херсонської області є: на півночі село Федорівка, Високопільського району, на півдні — залізнична станція Сиваш (півострів Чонгар) Генічеського району, на заході — мис Середній на півострові Ягорлицький Кут в Голопристанському районі і на сході село Новий Азов Генічеського району. Омивається Чорним і Азовським морями, а також Сивашем (Гнилим морем) [19].

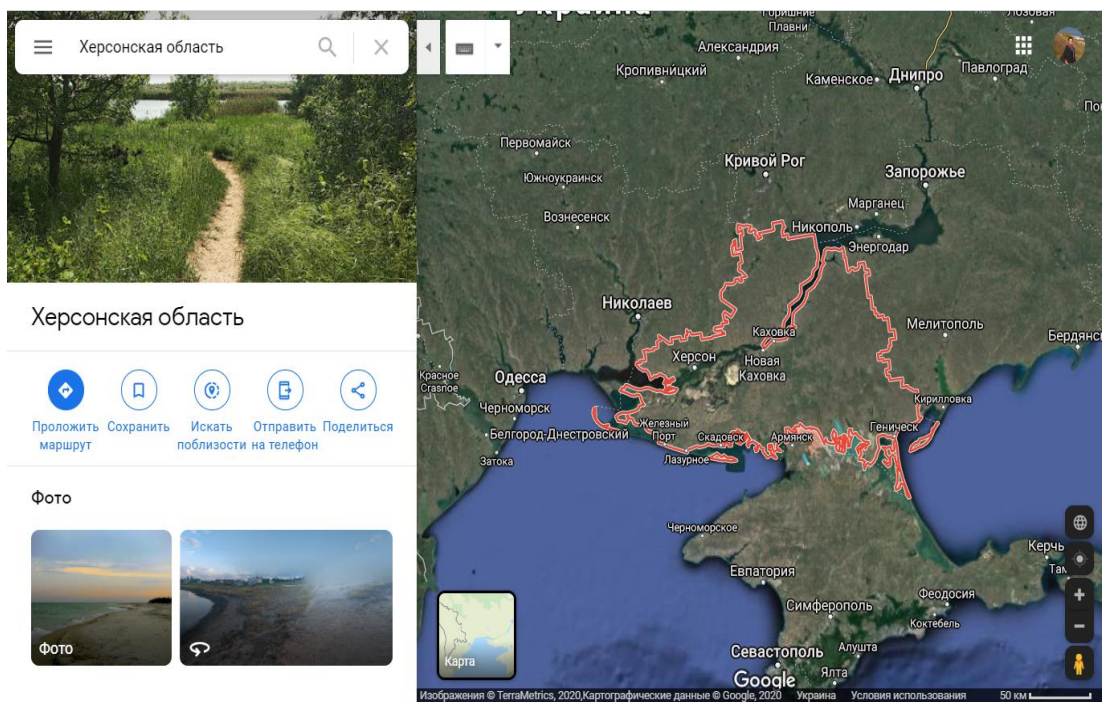


Рисунок 1.1 - Супутниковий знімок Херсонської області

На території області протікає 19 річок. Найбільші з яких: Дніпро — довжиною 178 км, Інгулець — довжиною 180 км. Максимальна висота над рівнем моря — 101 м, біля села Ушкалка, Верхньорогачицького району,

мінімальна — мінус 0,4 м, на ділянках узбережжя Сиваша. На території Херсонщини знаходиться найбільша в Європі пустеля.

Херсонська область розташована в континентальній області кліматичної зони помірних широт і характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою малосніжною зимою та спекотним посушливим літом. Основні риси такого клімату формуються під впливом загальних та місцевих кліматоутворюючих факторів, головними з яких є величина сонячної радіації, атмосферна циркуляція та характер підстильної поверхні.

Територія знаходиться в межах помірного поясу освітленості приблизно на 46° пн. ш. Цим визначається величина кута падіння сонячних променів на земну поверхню: приблизно від 22° в період зимового сонцестояння до 44° в дні рівнодення, та до 67° в час літнього сонцестояння. У межах області сумарна сонячна радіація складає 4700–4900 МДж/м<sup>2</sup> і змінюється за сезонами та з півночі на південь. Річна сума радіаційного балансу складає 2000 МДж/м<sup>2</sup> на півночі; 2200 – в центрі, 2250 – на півдні області. Найнижча температура в області - в січні. Середньомісячна температура січня (рис. 1.2) становить на півночі – 4,5°C, в центрі – 3,5-4°C, на півдні – 3 °C.

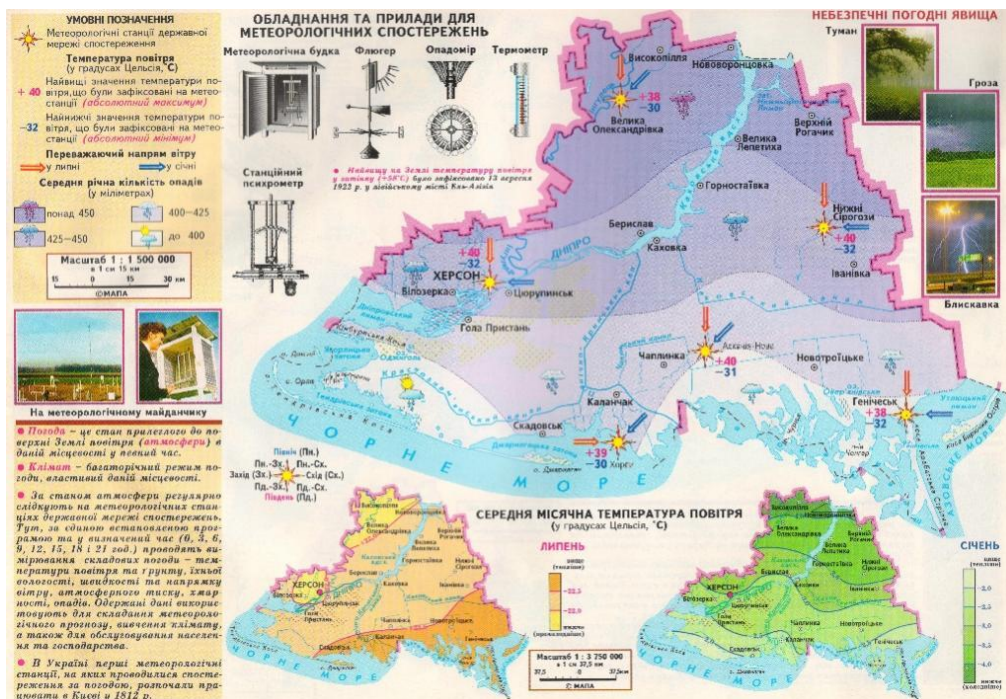


Рисунок 1.2 - Карти середньої температури повітря Херсонської області [13]



Клімат помірно континентальний, посушливий. Середньорічні температури: літня  $+22,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , зимова  $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Максимальна літня температура  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , мінімальна зимова  $-31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тривалість безморозного періоду в середньому 179 днів на рік. Середньорічна кількість опадів від 300 до 420 мм. За сильного вітру часом навіть узимку виникають пилові бурі [19].

Ґрунти на півночі Херсонщини — здебільшого південні чорноземи з лісовим підґрунтям (рис. 1.3).

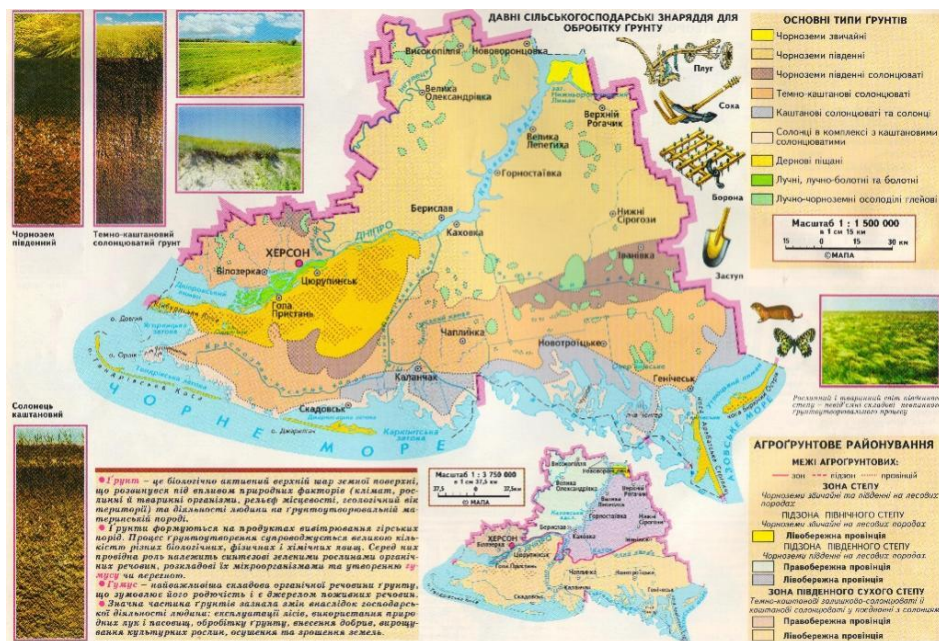


Рисунок 1.3 - Карти ґрунтів Херсонської області [4].

На півдні вони переходять у темно-каштанові і каштанові ґрунти, іноді разом з солонцями. Для узбережжя Чорного та Азовського морів характерні солонці та солончаки.

## 1.2 Короткий опис клімату Херсонської області

Херсонська область розташована в континентальній області кліматичної зони (поясу) помірних широт і характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою малосніжною зимою і жарким посушливим літом. Основні

риси такого клімату формуються під впливом загальних і місцевих кліматоутворюючих факторів, головними з яких є: а) величина сонячної радіації, б) атмосферна циркуляція; в) характер підстильної поверхні.

Величина сумарної сонячної радіації залежить в основному від географічної широти місцевості. Область знаходиться в межах помірною поясу освітленості приблизно між  $46^{\circ}$  і  $47^{\circ}$  пн. ш. Цим визначається величина кута падіння сонячних променів на земну поверхню: приблизно від  $22^{\circ}$  в період зимового сонцестояння до  $44^{\circ}$  в дні рівнодення і до  $67^{\circ}$  під час літнього сонцестояння.

У межах області сумарна сонячна радіація становить  $4700\text{--}4900$  МДж/м<sup>2</sup> і змінюється по сезонах і з півночі на південь. Річна сума радіаційного балансу становить  $2000$  МДж/м<sup>2</sup>.

Зі складових загальної циркуляції атмосфери на формування клімату Херсонщини найбільший вплив роблять: розташування області в поясі низького тиску помірних широт - на шляху західного переносу повітря; переважання помірних (морських і континентальних) повітряних мас і окремі вторгнення арктичного або тропічного повітря; діяльність циклонів Атлантики, Середземного і Чорного морів, вплив сибірського і азорського антициклонів і фронтів, пов'язаних з цими вихровими утвореннями.

Взимку високий атмосферний тиск, обумовлений впливом азійського антициклоні, часто змінюється низьким, пов'язаним з термічною депресією над Чорним морем. Влітку баричне поле формується під впливом Азорського антициклоні. Середні величини атмосферного тиску в межах Херсонської області становлять: у січні -  $1021$  гПа, в квітні -  $1015$  гПа, в липні -  $1013$  гПа, в жовтні -  $1022$  гПа [5].

Найнижча температура повітря в області спостерігається в січні (табл. 1.1). Середньомісячна температура січня становить  $-3,0^{\circ}$  С. Мінімальна температура повітря зафіксована в межах  $-26,3^{\circ}$  С (табл. 1.2). Початок весни відзначається стійким переходом добової температури повітря через  $0^{\circ}$  С. Починаючи з березня, температура повітря на фоні частих знижень починає

рости, спочатку поступово, потім більш інтенсивно, особливо в квітні. Влітку значну роль відіграє трансформація повітря в областях підвищеного тиску. При таких процесах довго утримується суха погода з високою температурою повітря. Найбільш теплий місяць - липень. Температура повітря в липні від  $21,9^{\circ}\text{C}$ . Максимальна температура  $40,7^{\circ}\text{C}$  (табл. 1.2). Восени спостерігається поступовий спад температури повітря (рис. 1.4). Амплітуда абсолютних температур становить  $67^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 1.1 – Середня температура повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) на ст. А Херсон

Місяці												Рік
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-3,0	-1,8	2,3	10	16	19,9	21,9	21,3	16,4	9,8	4,4	0,1	

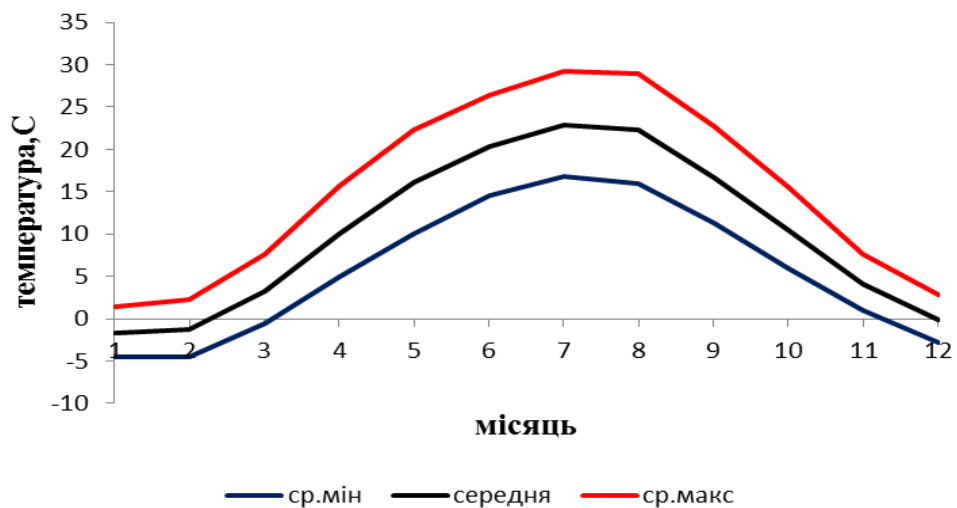


Рисунок 1.4 - Річний хід температури повітря у Херсоні [6]

Навесні і восени часто спостерігаються заморозки. Весняні заморозки, по багаторічними спостереженнями, відзначаються в середині квітня, осінні - в кінці першої декади жовтня. Тривалість без морозного періоду в Херсоні складає в середньому 170-180, в окремі роки досягає 200 днів. Весна найчастіше коротка (1-1,5 місяця). Літо найчастіше жарке, посушливе, триває близько 5 місяців.

Таблиця 1.2 – Данні екстремальних температур повітря м. Херсон [6]

Місяць	Абсолют. мінімум	Абсолют. максимум
січень	-26.3 (2006)	15,0 (1971)
лютий	-24.4 (1985)	18,6 (1989)
березень	-20,2 (1987)	22,1 (2004)
квітень	-7,9 (2004)	32,0 (2012)
травень	-1,5 (2000)	37,7 (2007)
червень	5,8 (2001)	39,5 (2009)
липень	9,2 (1993)	40,5 (2002)
серпень	6,6 (1984)	40,7 (2010)
вересень	-5,0 (1977)	33,3 (2008)
жовтень	-7,6 (2003)	32,0 (1999)
листопад	-16,2 (1993)	21,8 (2010)
грудень	-22,2 (1969)	16,5 (2008)
рік	-26,3 (2006)	40,7 (2010)

Опади в Херсоні утворюються в результаті проходження атмосферних фронтів, рідше - внаслідок процесів, які відбуваються всередині повітряних мас. Річна кількість опадів незначна - 380-430 мм

Херсон відноситься до територій з континентальним типом річного ходу опадів, при якому сума опадів теплого періоду переважає над сумою опадів холодного періоду. При середньорічній кількості опадів 380-430 мм і випаровуваності 1000-1050 мм коефіцієнт зволоження становить 0,7, що характеризує посушливість клімату.



Річний хід опадів має свої особливості. Відрізняється за значеннями максимуму та мінімуму, за амплітудою коливання та мінливістю у межах року. У лютому та березні випадає найменша кількість опадів (табл. 1.3). Починаючи з квітня кількість опадів поступово збільшується майже до червня. У червні - липні випадає максимальна за рік кількість опадів. На липень припадає річний максимум опадів (49 мм). У серпні також випадає значна кількість опадів. Вересень — найсухіший місяць теплого періоду. У жовтні, листопаді та грудні кількість опадів збільшується порівняно з вереснем. В окремі роки найбільша і найменша кількість опадів може зміщуватися на інші місяці (рис. 1.5) [5].

Таблиця 1.3 – Середня місячна кількість опадів, мм

Пункт	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Херсон	33	31	26	33	42	45	49	38	40	28	36	40	441

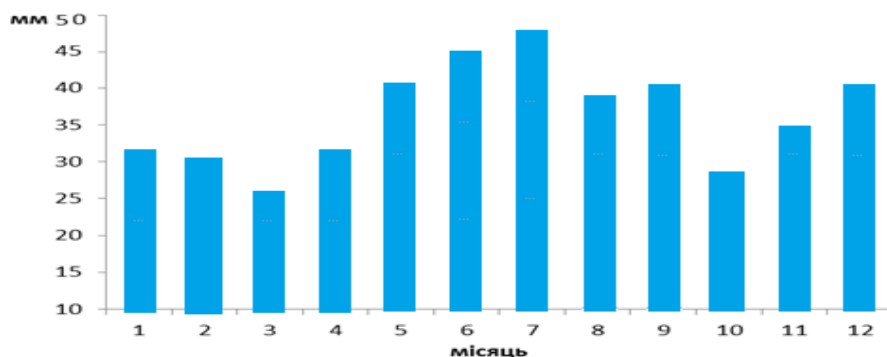


Рисунок 1.5 - Річний хід кількості опадів (мм) на ст. А Херсон [6]

Взимку східне і північно-східний напрямок вітру визначається наявністю над Україною смуги високого тиску, яка пролягає північніше Херсона. Навесні із зменшенням циклонічної діяльності більший вплив знаходять місцеві умови. Переважають вітри східного напрямку (табл. 1.4). Влітку на формування вітрового режиму впливають баричні формування та фронти, які переміщуються із заходу. Через це влітку переважають західні, південно-західні

і північно-західні вітри. Восени через ослаблення західного та посилення східного антициклону переважають південно-східні вітри.

Таблиця 1.4 - Багаторічна середня ймовірність (%) вітру різних напрямків

Пункт	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд.	ПдЗ	З	ПнЗ
Херсон	16	18	16	11	9	12	8	10

Важливою характеристикою вітрового режиму є швидкість вітру, яка визначається баричним градієнтом та умовами циркуляції атмосфери. Протягом року чітко виражені послідовні зміни швидкості вітру (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Середньомісячні та середньорічна швидкість вітру (м/с)

Пункт	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Херсон	4,8	5,0	5,0	4,4	4,1	3,6	3,4	3,4	3,0	3,7	4,4	4,7	4,1

В Херсоні небосхил закритий хмарами у середньому до 55-57 %. Найбільше хмар спостерігається зимою 70-75 %. Весною хмарність зменшується до 58-60 %. Літом хмар ще менше просторовий розподіл їх більш неоднорідний, ніж зимою та весною на 35-45%. Восени небосхил вкривається хмарами більш рівномірно на 47-53 %. У зимовий сезон відмінності у кількості загальної хмарності невеликі. вона становить близько 7,5 балів. Весною кількість хмар зменшується у середньому за місяць на 0,7 бала. У літні місяці кількість хмар теж зменшується — 0,6-0,7 бала у червні, липні і 0,4 бала — у серпні. Восени повсюди починається збільшення хмарності, однак у вересні воно незначне (0,4 бала), проте у наступні місяці значно підвищується (у жовтні приблизно на 0,9 бала, листопаді на 2 бала). Амплітуда річного ходу загальної хмарності — 4,2.

### 1.3 Опади, як небезпечні та стихійні метеорологічні явища

Опадами називають воду в рідкому або твердому стані, що випадає з хмар або осідає з повітря на поверхню землі і/або на різні предмети (роса, іній, паморозь тощо). Опади - це одна з ланок, яка відповідає за вологообіг на земній поверхні [20]. Важливі елементи кругообігу води в природі - це випаровування і конденсація.

В якості характеристик опадів використовуються звичайно два критерії: вид та інтенсивність. Вид опадів завжди визначається візуально, а одиницею вимірювання їх інтенсивності є величина шару опадів, що випадають за часу (як правило, за 1 год. або добу). Величина шару опадів вимірюється в міліметрах. Іноді визначають кількість опадів, що випали при сильній зливі або при проходженні атмосферного фронту. Крім кількісної оцінки існує візуальна оцінка інтенсивності опадів, яка проводиться за погіршенням видимості в явищах.

Кількість, вид опадів, їх тривалість і фазовий стан цікавлять практично всі галузі народного господарства. Так, сільське господарство сильніше залежить від кількості і часу випадіння опадів ніж інші галузі. Енергетичному комплексу також необхідний прогноз та інформація про опади. Всі види транспорту та комунальне господарство залежать від опадів та є дуже зацікавленими споживачами прогнозів опадів [7] .

Нижче наводяться небезпечні стихійні метеорологічні явища, які обумовлюють природні надзвичайні ситуації (НС) [12, 15, 18]:

- сильний дощ, (сильний мокрий сніг) – кількість опадів 50 мм і більше за 12 год. і менше; в гірських, селевих, лавино- та зливо небезпечних районах – 30 мм і більше за 12 год. і менше – рівень СМЯ II.

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

Випадіння сильних дощів характеризується великою плямистістю. У 63% випадків вони спостерігаються на території однієї області і у 27% - на території

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

Сильні тривалі дощі – кількість опадів 100 мм більше за 12 годин, але менше за 48 годин (за винятком зливових районів) – рівень СМЯ II, також спричиняють значні неприємності, тим більше, що вони охоплюють територію декількох областей одночасно.

Надзвичайний дощ, надзвичайний мокрий сніг – кількість опадів більше 80 мм менше 12 годин – рівень СМЯ III.

Надзвичайна злива – кількість опадів більше або дорівнює 50 мм менше 1 години – рівень СМЯ III.

Надзвичайні тривалі дощі – кількість опадів більше або дорівнює 150 мм більше 12 годин, але менше 48 годин – рівень СМЯ III. [12]

#### 1.4 Просторово-часовий розподіл опадів над Україною у 1961-1990 рр.

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

Південна частина Степу (Одеська, Миколаївська, Херсонська області і рівнинна частина Криму) відноситься до районів недостатнього зволоження. Тут відмічається зменшення опадів у напрямі на південь (рис. 1.1). На узбережжях Чорного і Азовського морів, у Присивашші опадів випадає ще менше (380-400 мм), що пов'язано з впливом бризової циркуляції.

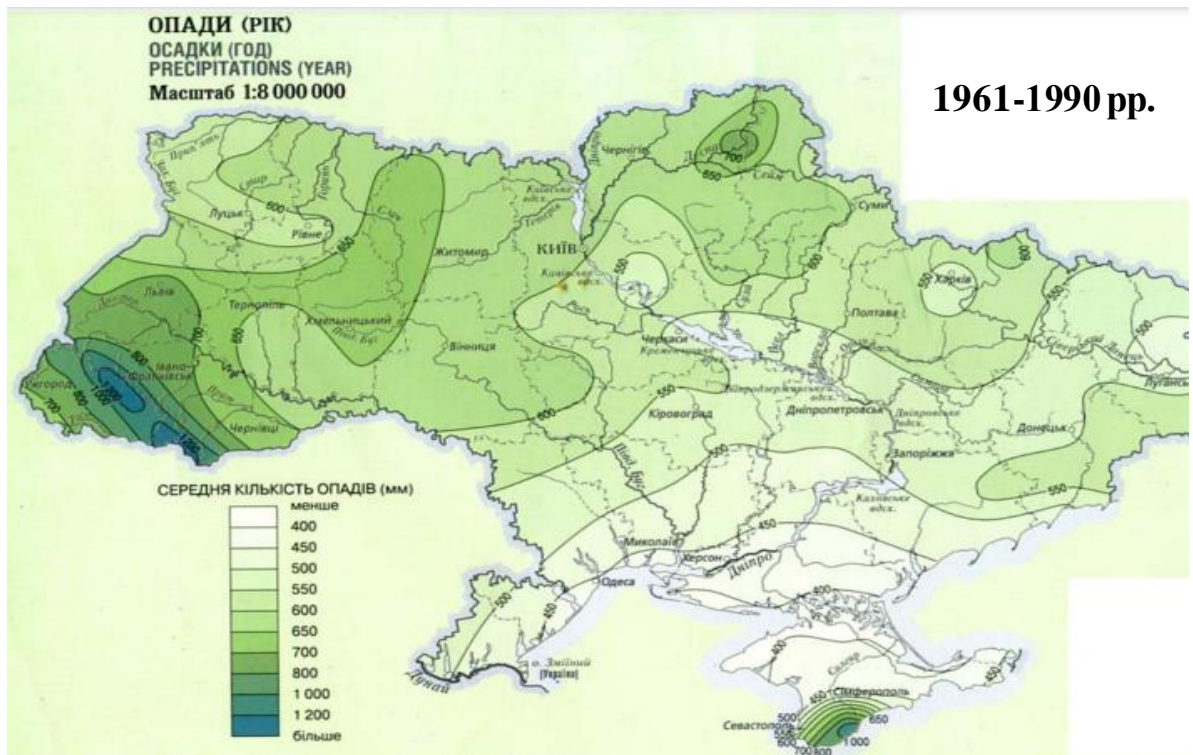


Рисунок 1.6 - Середня кількість опадів за рік (мм) над Україною [8]

Велике практичне значення має інформація про добовий максимум опадів, яка використовується у гідрологічних розрахунках для проектування споруд і приладів, для вирішення багатьох завдань господарського комплексу країни, а також для проведення природоохоронних заходів.

Територія України відноситься до зливонебезпечних районів, особливо Українські Карпати і Кримські гори, де екстремальні опади, які тривають протягом декількох днів, можуть призвести до утворення паводків, селевих потоків, підтоплення. Аналізуючи розподіл добового максимуму опадів на рівнинній території, де середній добовий максимум за рік змінюється у межах 33-48 мм, не виявлено будь-якої закономірності. В окремі роки він характеризується надто значною плямистістю (від 25 до 220 мм). Істотну роль у розподілі добового максимуму опадів відіграє орографія. В Українських Карпатах і Кримських горах спостерігається збільшення добового максимуму опадів з висотою місцевості. У Кримських горах він за рік становить 82 мм (Ай-Петрі), в Українських Карпатах дещо менший — 61 мм (Плай), 57 мм (Пожежевська).

Внаслідок значної плямистості опадів добовий максимум не завжди може бути відмічений існуючою мережею метеорологічних станцій і постів, завдати значних збитків життєдіяльності людини і навіть призвести до катастрофічних наслідків. Найчастіше найбільший добовий максимум опадів припадає на літні місяці (липень 22 %) [5], але в окремі роки він може відмічатися взимку (1 %) та навесні (7-10 %).

## 2 РЕЖИМ ТА УМОВИ УТВОРЕННЯ СИЛЬНИХ ОПАДІВ У ХЕРСОНІ

2.1 Характеристика режиму опадоутворення на ст. А Херсон за періоди 1961-1990 та 2005-2020 рр.

Для дослідження режиму опадів в Херсонській області, яка характеризується посушливістю клімату, були використані дані строкових спостережень за період з 2005 по 2020 рр. по станції А Херсон [14].

Дані спостережень містять інформацію про кількість опадів за 12 год., для дослідження режиму опадів враховувалися відомості за добу. Методами дослідження є загальні статистичні засоби обробки вибіркового статистичних величин, що спираються на врахування властивостей та природи атмосферних процесів.

В ході дослідження були розраховані середньомісячна кількість опадів на станції А Херсон у період з 2005 по 2020 років в (табл. 2.1-2.3) та сума опадів за кожен рік. Отже, з 2005 по 2020 рік включно на метеостанції зафіксовано 6468 мм, кількість яких з року у рік зазнавала значних коливань – від 261,7 мм у 2011 р. до 488,4 мм у 2018 р. В середньому за період дослідження річна сума опадів у Херсоні становила 404,3 мм, що значно нижче попереднього кліматичного періоду 1961-1990 рр. – 441 мм [1, 3]. Більше половини з 16 років (2005, 2006, 2008, 2011-2014, 2017 та 2020 рр.) характеризувалися менш активним опадоутворенням та річні суми опадів не перевершували середнє за 2005-2020 рр. значення. Навпаки у 2007, 2009-2010, 2015-2016 та 2018-2019 рр. річна сума опадів складала більш ніж 404,3 мм.

Максимум річного ходу кількості опадів для обох періодів припадав на липень – 49 та 46 мм для 1961-1990 та 2005-2020 рр., відповідно. Також опади часто спостерігалися у травні та червні – 42 та 45 мм і 43 та 53 мм для обох періодів (рис. 2.1). Найменша кількість опадів у 1961-1990 рр. випадала у березні та жовтні (25 та 28 мм), а у сучасний період мінімум річного хода

припадає на серпень та березень – 22 та 24 мм. Отже, найсухішим місяцем теплого періоду став серпень, а холодного – залишився березень.

Також з рис. 2.1 видно, що при помітному зниженні середньорічної кількості опадів у сучасному періоду на 37 мм, незначно більш активно воно відбулося у холодне півріччя – 19 мм (листопад-березень) проти 17 мм (квітень-жовтень). Але у січні, березні, травні, червні та жовтні середньомісячна сума опадів була вище у 2005-2020 рр. ніж у [5]. Якщо у січні, березні та травні це перевищення було незначним – 1-2 мм, то у червні та жовтні воно досягла 8-9 мм (теплий період).

Аналіз середньорічної кількості опадів показав, що в цілому для Херсону цей показник зменшився на 3 мм, від 36,8 до 33,7 мм у 1961-1990 та 2005-2020 рр., відповідно.

Таблиця 2.1 – Річний хід кількості опадів у Херсоні за періоди 1961-1990 рр. та 2005-2020 рр.

Період	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-1990	33	31	26	33	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>49</b>	38	40	28	36	40	441
2005-2020	34	27	24	29	<b>43</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	22	30	37	29	32	404

За даними табл. 2.2 спостережень Херсонської області кількість опадів виходить за межі норми. Максимальні значення відмічались 104,6 мм у липні 2015 р, найнижчі 0,0 мм – у серпні 2018 р. (табл. 2.3).

Найбільша кількість опадів у 2005-2020 рр. випадають у травні-липні, а найменша кількість опадів випадають березні та серпні. Опади не одноманітні, в вегетаційний сезон вони характеризуються зливовим характером і швидким началом та закінченням, що призводить до стікання опадів та до ґрунтової



засухи. В залежності від пори року розрізняють посухи: весняні – небезпечні для ранніх зернових культур; літні – заподіюють сильну шкоду як раннім, так і пізнім зерновим та іншим однорічним культурам, а також плодовим рослинам; осінні небезпечні для сходів озимих [5]

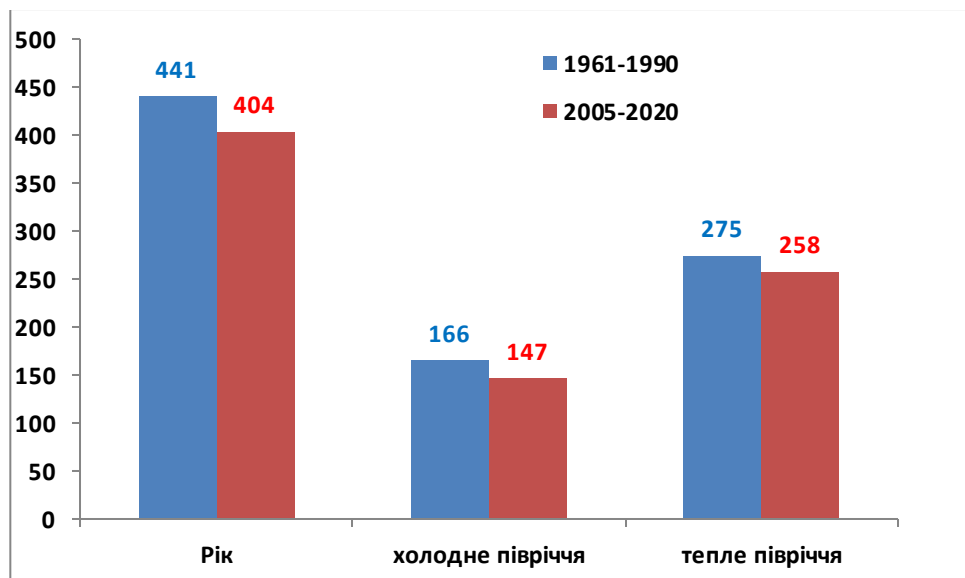
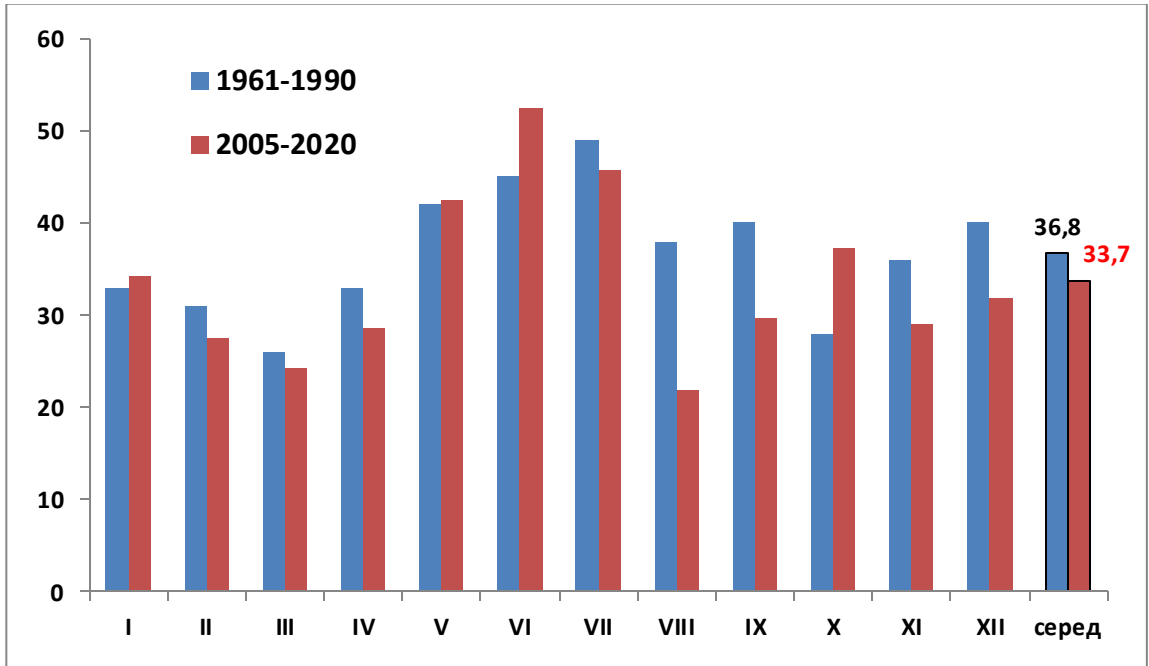


Рисунок 2.1 - Річний хід кількості опадів (мм) на ст. А Херсон 2005-2020 рр.

Таблиця 2.2 – Середньомісячна, сумарна за рік та середня за період кількість опадів (мм) у Херсоні (2005-2020 рр.)

Місяць	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2005-2020
I	0,0	24,0	47,0	13,0	21,0	65,0	19,0	70,0	32,0	42,0	39,8	67,3	27,5	24,1	40,2	17,0	34,3
II	0,5	12,0	26,0	8,4	61,0	70,0	11,0	22,0	19,0	10,0	47,4	30,9	20,3	33,3	9,8	57,0	27,4
III	4,0	58,0	15,0	35,0	23,0	15,0	3,1	25,0	39,0	16,0	55,7	19,5	5,1	61,0	7,3	5,9	24,2
IV	17,0	7,4	20,0	62,0	5,0	10,0	40,0	6,2	3,3	30,0	68,8	41,0	87,9	1,6	56,0	2,4	28,7
V	18,0	46,0	10,0	26,0	81,0	61,0	36,0	40,0	0,3	39,0	86,9	71,7	25,6	35,7	72,8	30,0	42,5
VI	54,0	63,0	43,0	38,0	78,0	75,0	73,0	20,0	80,0	65,0	38,3	43,0	10,3	23,1	92,6	44,0	52,5
VII	36,0	6,3	60,0	79,0	17,0	39,0	2,0	41,0	44,0	19,0	104,6	46,3	39,8	90,8	48,7	59,0	45,8
VIII	60,0	31,0	24,0	0,6	1,0	30,0	5,7	73,0	12,0	21,0	12,1	26,7	4,8	0,0	22,1	25,0	21,8
IX	4,4	17,0	47,0	83,0	18,0	67,0	17,0	2,0	44,0	44,0	4,6	33,2	0,7	42,8	12,1	25,0	28,9
X	12,0	5,7	55,0	29,0	43,0	133,0	6,9	26,0	53,0	34,0	18,6	74,4	12,0	9,6	62,9	22,0	37,3
XI	39,0	25,0	73,0	21,0	30,0	43,0	1,0	7,6	4,8	21,0	44,2	34,2	40,6	31,1	38,0	10,0	29,0
XII	74,0	1,8	14,0	2,6	74,0	69,0	47,0	32,0	4,0	28,0	2,1	26,3	35,4	56,3	25,9	18,0	31,9
I-XII	318,9	297,2	434,0	397,6	452,0	677,0	261,7	364,8	335,4	369,0	523,1	514,5	310,0	409,4	488,4	315,3	404,3

Таблиця 2.3 – Середньомісячні суми опадів та їх перевищення середніх значень за період 2005-2020 рр.

Місяць	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2005-2020
I	0,0	24,0	47,0	13,0	21,0	65,0	19,0	70,0	32,0	42,0	39,8	67,3	27,5	24,1	40,2	17,0	34,3
II	0,5	12,0	26,0	8,4	61,0	70,0	11,0	22,0	19,0	10,0	47,4	30,9	20,3	33,3	9,8	57,0	27,4
III	4,0	58,0	15,0	35,0	23,0	15,0	3,1	25,0	39,0	16,0	55,7	19,5	5,1	61,0	7,3	5,9	24,2
IV	17,0	7,4	20,0	62,0	5,0	10,0	40,0	6,2	3,3	30,0	68,8	41,0	87,9	1,6	56,0	2,4	28,7
V	18,0	46,0	10,0	26,0	81,0	61,0	36,0	40,0	0,3	39,0	86,9	71,7	25,6	35,7	72,8	30,0	42,5
VI	54,0	63,0	43,0	38,0	78,0	75,0	73,0	20,0	80,0	65,0	38,3	43,0	10,3	23,1	92,6	44,0	52,5
VII	36,0	6,3	60,0	79,0	17,0	39,0	2,0	41,0	44,0	19,0	104,6	46,3	39,8	90,8	48,7	59,0	45,8
VIII	60,0	31,0	24,0	0,6	1,0	30,0	5,7	73,0	12,0	21,0	12,1	26,7	4,8	0,0	22,1	25,0	21,8
IX	4,4	17,0	47,0	83,0	18,0	67,0	17,0	2,0	44,0	44,0	4,6	33,2	0,7	42,8	12,1	25,0	28,9
X	12,0	5,7	55,0	29,0	43,0	133,0	6,9	26,0	53,0	34,0	18,6	74,4	12,0	9,6	62,9	22,0	37,3
XI	39,0	25,0	73,0	21,0	30,0	43,0	1,0	7,6	4,8	21,0	44,2	34,2	40,6	31,1	38,0	10,0	29,0
XII	74,0	1,8	14,0	2,6	74,0	69,0	47,0	32,0	4,0	28,0	2,1	26,3	35,4	56,3	25,9	18,0	31,9
Рік	26,6	24,8	36,2	33,1	37,7	56,4	21,8	30,4	28,0	30,8	43,6	42,9	25,8	34,1	40,7	26,3	33,7

Тривалість та інтенсивність дощів була різноманітною, від декількох хвилин до декількох днів.

## 2.2 Повторюваність та метеорологічні умови виникнення сильних опадів на ст. А Херсон

Починаючи з 1990-х рр. в Україні спостерігається тенденція до зростання кількості випадків дуже сильних дощів і сильних злив, а найсильніше ця тенденція проявилась на заході та півдні України [2]. Також виявлені зменшення інтервалу часу між повторними стихійними опадами та зростання інтенсивності опадів, про що свідчить збільшення частки випадків дуже сильних дощів по відношенню до кількості випадків сильних дощів. Збільшується також період, протягом якого можуть виникати сильні опади [1-3, 5, 11, 16, 17].

Для характеристики режиму утворення сильних опадів на ст. А Херсон обраний період з лютого 2005 р. по травень 2021 р. включно, а у якості вихідної інформації залучені дані метеорологічних спостережень [14]. Виявлено, що за період дослідження спостерігалось лише 18 випадків з інтенсивністю опадів  $> 30\text{мм}/12\text{ год.}$ , та три рази інтенсивність перевищувала  $50\text{мм}/12\text{ год.}$  (табл. 2.4), тобто опади досягали «помаранчевого» рівню метеорологічної небезпеки згідно [12] та утворилося СМЯ II. Надзвичайного дощу ( $> 80\text{мм}/12\text{ год.}$ ) або надзвичайної зливи ( $> 50\text{мм}/1\text{ год.}$ ), тобто СМЯ III, жодного разу не було у Херсоні з 2005 до травня 2021 р.

При вивченні того чи іншого метеорологічного явища традиційно проводять аналіз його повторюваності залежно від пори року й доби, певних метеорологічних умов і синоптичних ситуацій. З початку 2005 до середини 2021 року сильні опади утворювалися лише у тепле півріччя, тобто з квітня по жовтень (рис. 2.2), а значення максимальної інтенсивності опадів холодного півріччя становило від 16 до 25  $\text{мм}/12\text{ год.}$  У тепле півріччя найсильніші дощі утворювалися у червні та жовтні (62 та 67  $\text{мм}/12\text{ год.}$ ), але у середньому максимальна інтенсивність опадів складала 39,6  $\text{мм}/12\text{ год.}$  за мінімумом у вересні (31  $\text{мм}/12\text{ год.}$ ).

Порівнюючи кількість днів, коли за 12 год. випадало більш ніж 30 мм опадів, у 1961-1990 рр. (табл. 2.5) і 2005-2021 (табл. 2.6) виявлено, що в обидва періоди сильні опади не спостерігалися взагалі з листопада по лютий. Але у 1961-1990 рр. одного разу вони утворилися у березні з повною відсутністю у квітні, а у 2005-2021 рр. – навпаки. Найчастіше у 1961-1990 рр. подібні дощі випадали по три рази на 10 років (0,3 у табл. 2.5) у липні та серпні, але за 16 років періоду дослідження у липні було зареєстровано 5 випадків (рис. 2.3), а у серпні лише два. Отже, кількість сильних дощів суттєво зросла у липні та зменшилася у серпні. Інший максимум сучасного періоду припадав на червень (4 випадки), тоді як у 1961-1990 рр. у цьому місяці був лише один випадок на 10 років (0,1). У вересні та жовтні 1961-1990 рр. сильні опади виникали двічі на 10 років, а у 2005-2021 рр. – по одному разу.

Таблиця 2.4 - Число днів з кількістю опадів більше 30 мм/12 год. на ст. А Херсон з лютого 2005 по травень 2021 рр.

№	Дата, час	I,	T,	dd,	V,	Явища
		мм/12 год.	°C	румб	м/с	
1	14.08.2005 21:00	40	20,5	Пн-Пн-Зх	1	Гроза
2	21.06.2006 21:00	35	19,3	Пн-Сх	3	Гроза
3	26.07.2007 09:00	52	20,4	Пн-Зх	5	Гроза
4	26.06.2009 21:00	62	22,1	Пн	5	Гроза
5	26.06.2009 15:00	43	21,1	Сх	4	Гроза
6	09.10.2010 21:00	67	10,6	Сх	3	Гроза
7	30.09.2010 21:00	31	11,3	Пн-Зх	3	Злива
8	10.06.2011 21:00	30	19,5	Штиль	0	Гроза
9	13.08.2012 09:00	42	16,2	Зх	2	Гроза
10	04.07.2015 21:00	33	19,4	Зх	2	Гроза
11	28.05.2015 09:00	36	13,4	Пн-Зх	5	Злива
12	29.05.2015 03:00	33	13,5	Пн-Зх	4	Злива
13	20.04.2016 21:00	41	6,8	Пн-Пн-Зх	8	Гроза
14	25.07.2018 21:00	30	20,9	Пн-Сх	1	Злива
15	25.07.2018 15:00	30	21,1	Пн	4	Гроза
16	26.05.2019 21:00	30	17,4	Пд-Зх	2	Злива
17	06.07.2020 21:00	33	23,5	Пн	2	Гроза
18	17.05.2021 09:00	45	16,5	Зх	1	Гроза

Таблиця 2.5 - Кількість днів з кількістю опадів більше 30 мм/12 год. на ст. А Херсон у 1961-1990 рр. [6]

Місяць	I	II	III	IV	V	VI
Кількість днів			0,03		0,1	0,1
Місяць	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кількість днів	0,3	0,3	0,2	0,2		

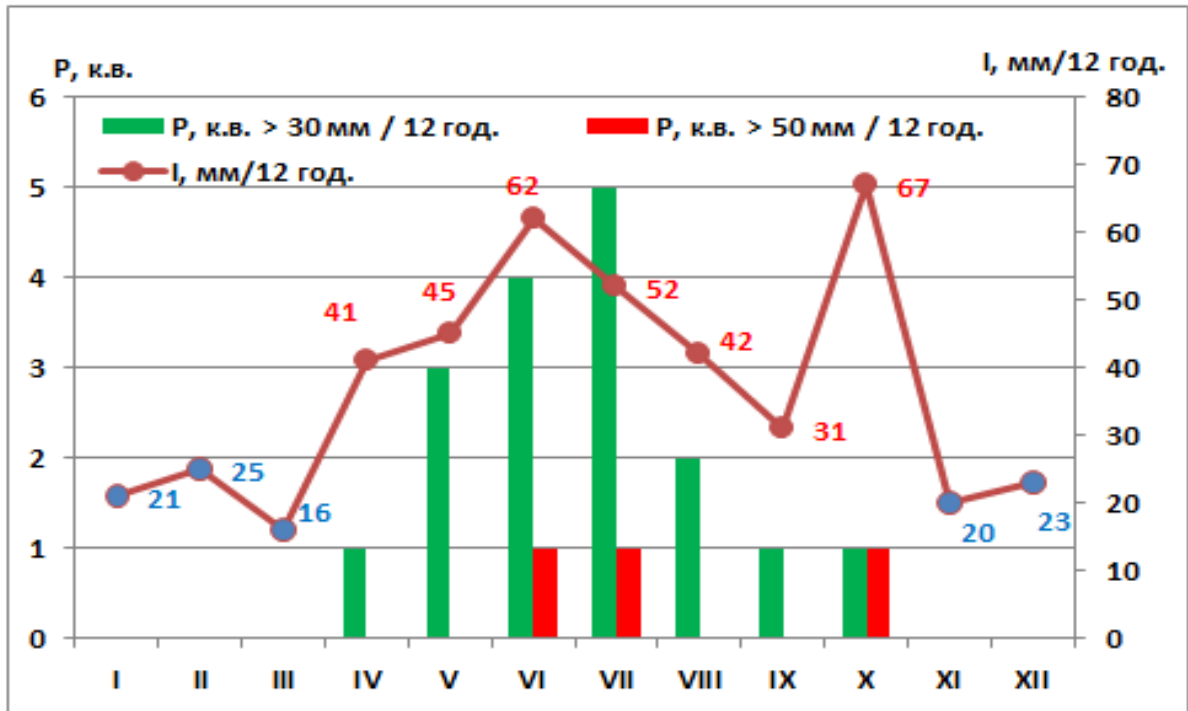


Рисунок 2.2 - Річний хід кількості випадків сильних опадів (з інтенсивністю > 30мм/12 год. та > 50мм/12 год.) та значення максимальної інтенсивності опадів протягом року на ст. А Херсон з лютого 2005 р. по травень 2021 р.

Таблиця 2.6 – Повторюваність (Р, к.в.), інтенсивність (І, мм/12 год.), середні значення атмосферного тиску та швидкості вітру підчас сильних опадів на ст. А Херсон з лютого 2005 по травень 2021 рр. по місяцях

Місяць	Р., к.в.	І ср, мм/12 год.	І макс, мм/12 год.	Р, гПа	V, м/с
квітень	1	41	41	1010,6	8
травень	4	36	45	998,6	3
червень	4	42	62	1001,2	3
липень	5	36	52	1009,3	2,8
серпень	2	41	42	1007,9	3
вересень	1	31	31	1008,4	3
жовтень	1	67	67	1010,5	3

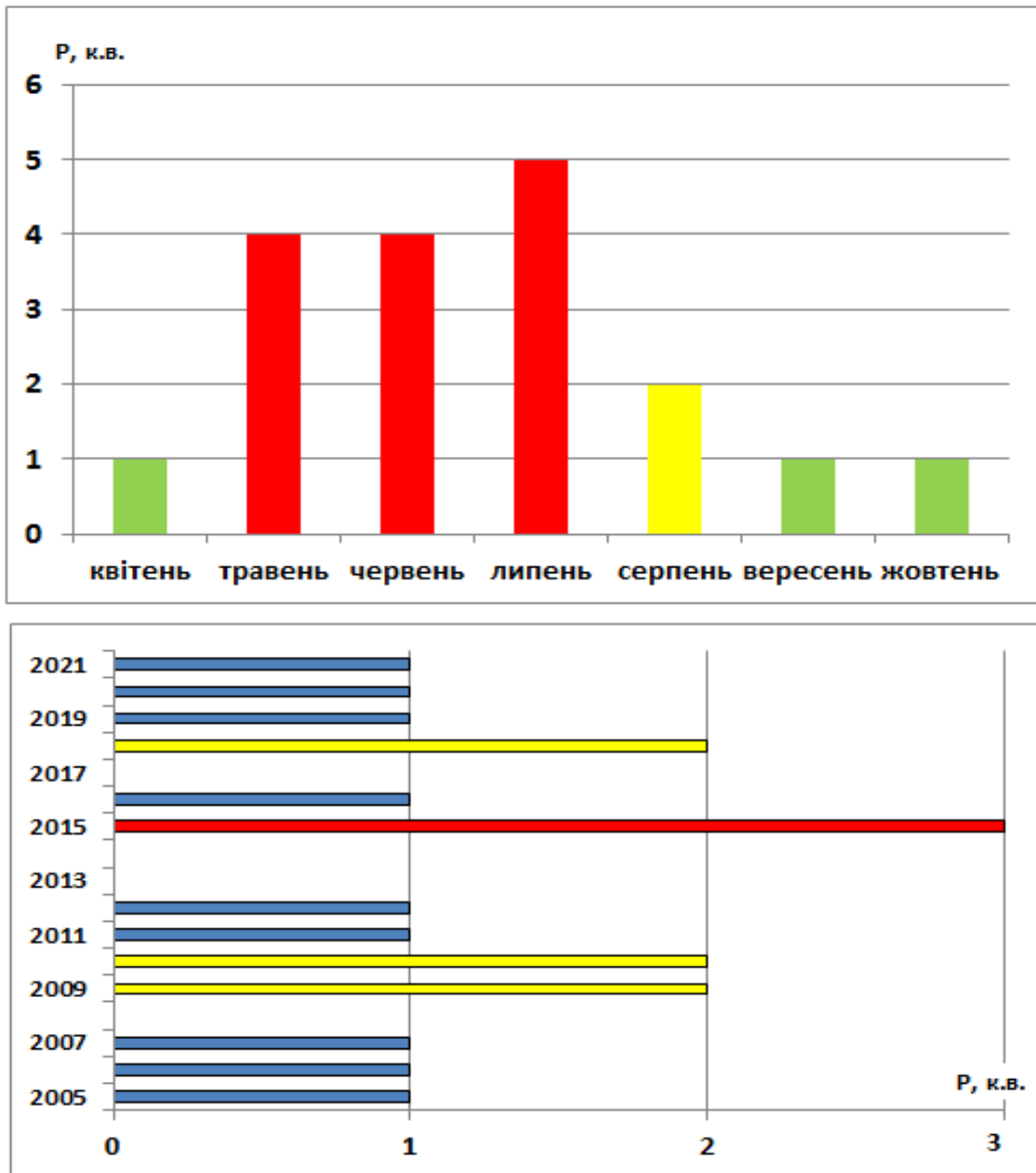


Рисунок 2.3 – Розподіл кількості випадків сильних опадів по місяцям та рокам на ст. А Херсон з лютого 2005 р. по травень 2021 р.

Як видно з рис. 2.3, сильні опади у Херсоні виникали не щорічно, а саме у 2008, 2013, 2014 та 2017 рр. жодного разу інтенсивність опадів не перевищували 30 мм/12 год. Найчастіше вони спостерігалися по одному разу (9 років з 16), по 2 рази сильні опади утворювалися двічі – у 2009, 2010 та 2018 рр., а у 2015 р. було три випадки сильних опадів – 28-29 травня та 4 липня 2015 р.

Більшість сильних опадів (13 випадків або 72 %) супроводжуються грозами, відносно менше гроз спостерігалось сумісно з травневими та вересневими сильними опадами.

Сильні опади утворювалися при відносно низькому атмосферному тиску від 998,6 до 1010,6 гПа, а у середньому - 1006,6 гПа (табл. 2.6).

Як видно з рис. 2.4., швидкість вітру біля землі у середньому становила 3,1 м/с коливаючись від штилю (10 червня 2011 р.) до 8 м/с (20 квітня 2016 р.), а переважно вітер посилювався до 2 м/с (4 випадки).

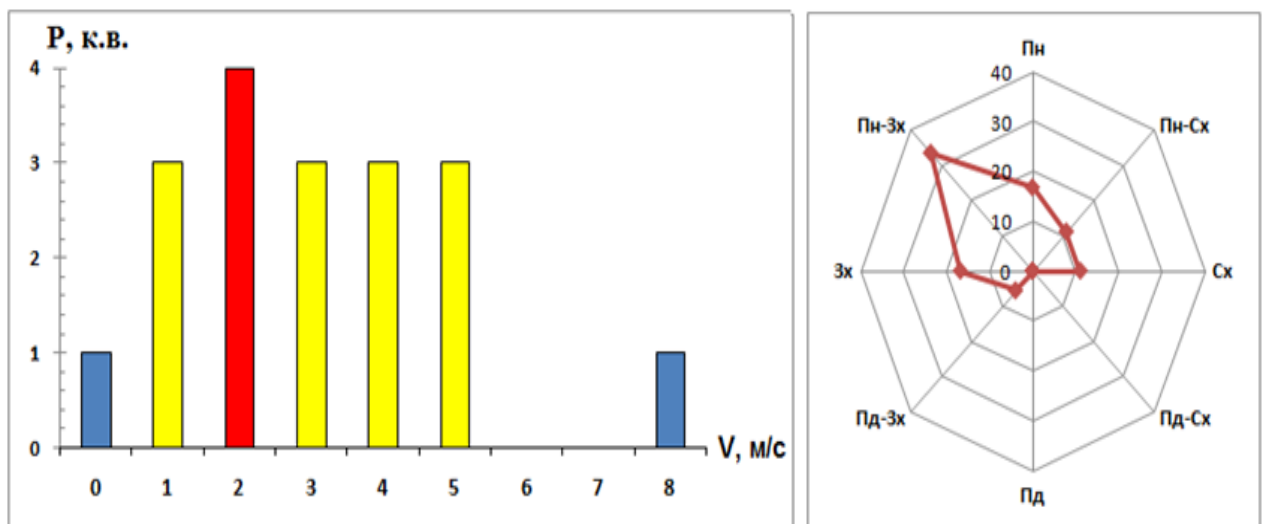


Рисунок 2.4 – Гістограма швидкості вітру та розподіл вітру за напрямками під час сильних опадів у Херсоні, 2005-2020 рр.

Переважно сильні опади у Херсоні спостерігалися при північно-західному вітрі (33 %), та по 17 % виникало при північному та західному напрямку. Жодного разу опади не посилювалися при південному та південно-східному вітрі.

Отже, при помітному зниженні середньорічної кількості опадів у сучасному періоду на станції А Херсон виявлено зростання кількості випадків опадів з інтенсивністю більш ніж 30 мм/12 год.



## 3 ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ УТВОРЕННЯ СИЛЬНИХ ОПАДІВ У ХЕРСОНІ

### 3.1 Атмосферна циркуляція 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 [20].

Температура, вологість, вітер, хмарність та інші метеорологічні величини знаходяться в залежності від властивостей повітряних масі від вертикальних рухів в атмосферних циркуляційних системах. При вивченні ролі атмосферної циркуляції в формуванні клімату необхідно враховувати як великомасштабну циркуляцію, так і регіональні процеси, які безпосередньо впливають на клімат відносно невеликій території.

Південь України, де знаходиться Херсонська область, виділяється за кліматичними характеристиками в окрему підобласть. Це обумовлено не тільки впливом Чорного моря, але і специфічними особливостями циркуляції – циклони помірних широт, що зміщуються із заходу і північного заходу, не роблять безпосередньо впливу на південь України. Розвиток цих циклонів над Європейською частиною Росії (ЄЧС) супроводжується проходженням через південні райони улоговини або утворенням перехідної зони між циклонами і розташованими південніше областями високого тиску. У таких перехідних областях відзначається, як правило, мало збурене перенесення повітряних мас, напрямок якого залежить від взаємного розташування циклонів і антициклонів.

Через південь України центральною частиною переміщуються тільки циклони, що виникають в басейні Середземного і Чорного морів, а також невеликі циклони, що виникають на рухомих із заходу і північного заходу

холодних фронтах. Периферійні атмосферні процеси характерні для півдня України при розвитку над Європою антициклонів, проте останні, на відміну від циклонів, своєю центральною частиною нерідко переміщуються через південь України і Чорне море. В залежності від характеру приземного і висотного полів тиску, а також напрямку перенесення повітряних мас, автори виділяють для півдня України десять різновидів атмосферних процесів, у розвитку яких за часом, в їх послідовному переході від одного різновиду до іншого є визначені закономірності.

З урахуванням загальних властивостей атмосферні процеси можна об'єднати в три групи: периферійні процеси, циклонічна і антициклонічна циркуляція. Периферійні атмосферні процеси, до яких відносяться малозбурені переноси з південною, західною та східною складовою, а також малоградієнтні поля тиску біля поверхні землі, оказують суттєвий вплив на південь України. Слід відзначити, що ці процеси, мають порівняно велику повторюваність, тривалі за часом, а тому, їх роль у формуванні клімату дуже значна. Одним із різновидів периферійних процесів є ситуація, коли південні райони України знаходяться під впливом південної периферії або гребня антициклону, тоді спостерігаються східні вітри з невеликою північною або південною складовою.

Другий різновид периферійних атмосферних процесів – західний і північно-західний перенос. Він формується на південній периферії циклонів помірних широт. Погодні умови при таких процесах відрізняються від тих, які властиві східному переносу. Це обумовлено більшою термічною нестійкістю повітряних мас, яка особливо характерна для теплого періоду. З хмар конвективних форм можуть випадати невеликі опади. При вторгненні холодного повітря за атмосферними фронтами часто спостерігаються великі швидкості вітру. Зменшення швидкості вітру відбувається при послідовному швидкому зміщенні області високого тиску на південь України. Західний перенос часто порушується в результаті впливу гірських систем півдня

Європи і в таких випадках улоговина переміщується із заходу або встановлюється південний перенос.

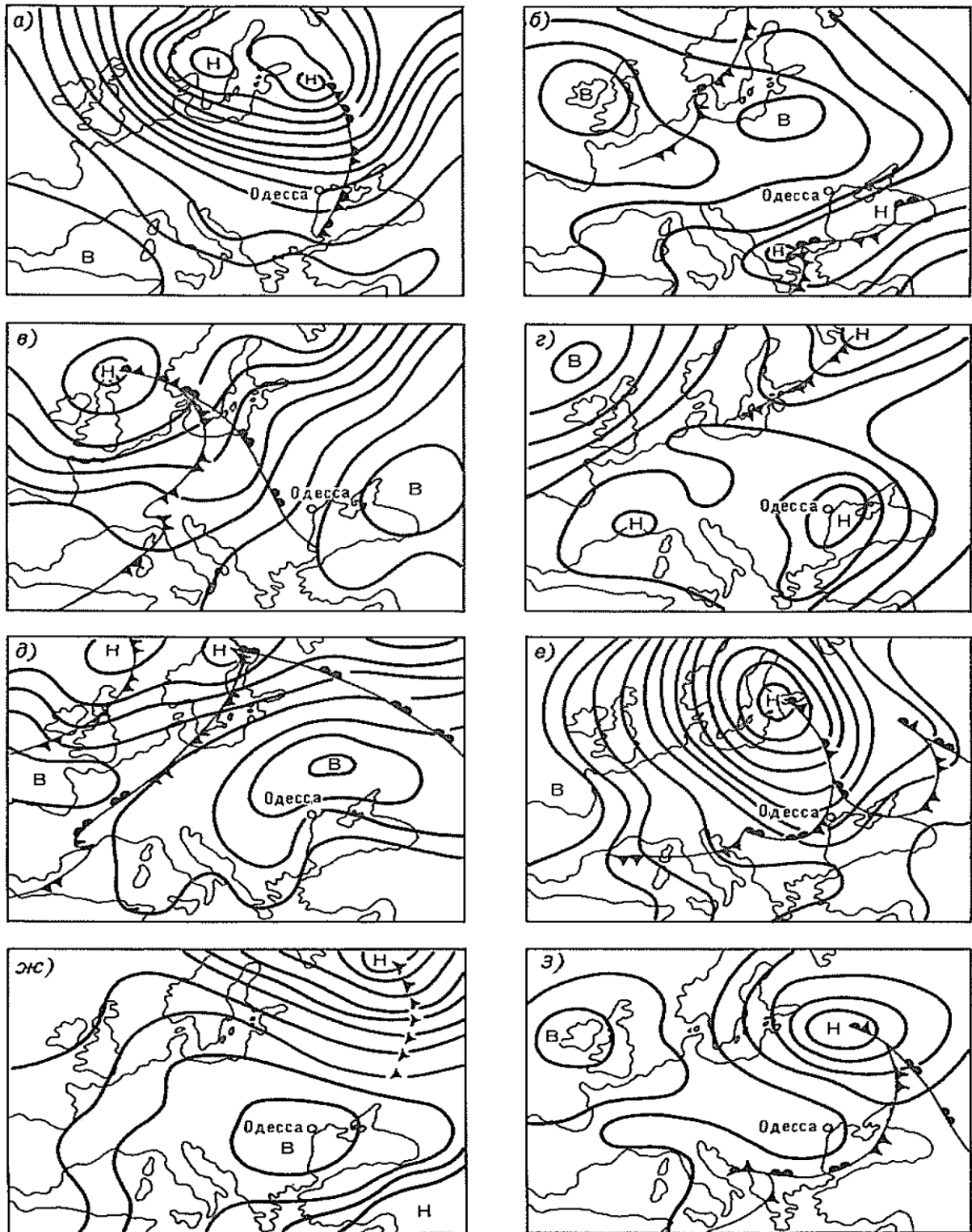


Рисунок 3.1 - Атмосферні процеси півдня України [7]

При південному перенесення в залежності від сезону спостерігаються різні погодні умови: в теплий період переважає малохмарна погода, в холодний – тумани, низька хмарність, мряка. У середній і верхній тропосфері південному переносу відповідають вітри південного або південно-західного напрямку в передній частині висотної улоговини. Безпосередньо після південного перенесення часто відбувається вихід південних циклонів або переміщення улоговин. До циклонічної циркуляції на півдні України відносяться три різновидності атмосферних процесів: південні циклони, улоговини, які зміщуються із заходу, чорноморська депресія. Роль південних циклонів в формуванні погоди і клімату регіону велика, незважаючи на те, що повторюваність цього процесу значно менша повторюваності периферійних циркуляцій. Пояснюється це тим, що виходи південних циклонів супроводжуються великою кількістю опадів, хуртовинами, ожеледдю взимку і зливами з грозами влітку. Південні циклони в початковий період їх виходу на ЄЧР мають діаметри в декілька сотень кілометрів і тому їх вплив на конкретний район в великій мірі залежить від траєкторії циклону. Переміщення таких циклонів відбувається під передньою частиною висотної улоговини, орієнтація якої і наступна її еволюція визначають траєкторії циклонів.

Найбільша кількість опадів пов'язана часто з виходом циклону безпосередньо на південь України і його стаціонаванням в даному районі. Значні опади спостерігаються і в разі, коли циклон розташовується в західній частині Чорного моря, а південь України знаходиться під впливом північній периферії циклону і теплового фронту. Такий розвиток процесу часто супроводжується одночасним розвитком антициклону над материком і виникненням великих градієнтів тиску на півдні України. В результаті в холодну пору року створюються умови для виникнення хуртовин, а при випадінні дощу і невеликій від'ємній температурі відбувається утворення ожеледі.

Вихід південних циклонів – процес переважно холодного періоду з максимум у січні. У зимовий сезон термічний режим України в цілому, формується переважно під впливом атмосферної циркуляції і адвекції (горизонтального переміщення) повітря, що обумовлюється нею. При цьому територія області знаходиться під впливом повітряних мас, що поступають як із заходу і південного заходу – з Атлантичного океану і Середземного моря, так і з півночі і сходу – з європейської Півночі і Сибіру. Західне перенесення обумовлює пом'якшення погоди, вторгнення ж арктичного повітря – формування морозної погоди з найнижчими за зиму температурами. У літній сезон циклонічна діяльність слабшає і термічний режим території області формується в основному під впливом радіаційного чинника і особливостей земної поверхні. Завдяки своєму географічному положенню і однорідності поверхні, вся територія добре прогрівається і контрастність в термічних умовах окремих її частин істотно зменшується.

### 3.2 Характеристика синоптичних умов виникнення сильних опадів у Херсоні у 2005-2021 рр.

Розглянемо синоптичні ситуації, напрям циркуляції повітряних мас на рівні 500 гПа та значення двох індексів конвекції (CAPE та Lifted index), що сприяли випадінню сильних опадів на станції А Херсон. За 16 років у Херсоні спостерігалось лише 18 епізодів з сильними дощами, коли за 12 годин випадало більше 30 мм, з яких три можна віднести до СМЯ II. В ході роботи були зібрані та упорядковані синоптичні карти та супутникові знімки з ресурсів [22-24] та наведені на рис. А.1-А.18.

Виявилося, що більш половини (10 випадків або 55 %) епізодів сильних опадів пов'язана з південними циклонами (табл. 3.1 та табл. 3.2), решті утворювалися (7 випадків або 38 %) на південній периферії антициклону, та лише одного разу 26 липня 2007 р. у Херсоні випало 52 мм дощу під впливом улоговини циклону з центром на півночі ЄТР (рис. А.3).

Таблиця 3.1 - Повторюваність (% / к.в.) синоптичної ситуації в період формування сильних опадів на ст. А Херсон

Дата	Синоптична ситуація					
	Південний циклон та його улоговини	Західний циклон та його улоговини	Північно-західні циклони та їх улоговини	Поле зниженого тиску	Поле підвищеного тиску	Південна периферія антициклону
30-49 мм/12 год						
14.08.2005						+
21.06.2006						+
27.06.2009						+
30.09.2010	+					
10.06.2011	+					
13.08.2012	+					
04.07.2015						+
28.05.2015	+					
29.05.2015	+					
20.04.2016	+					
25.07.2018						+
26.07.2018						+
25.05.2019	+					
06.07.2020					+	
17.05.2021	+					
Всього	9	-	-	-	-	6
≥50 мм/12 год.						
26.07.2007			+			
26.06.2009						+
09.10.2010	+					
Всього	1		1			1

Таблиця 3.2 - Повторюваність (к.в.) напрямку висотного потоку на рівні 500 гПа, при якому спостерігалися сильні опади ( $\geq 30$  мм/12 год) у Херсоні з 2005 по 2021 рр.

Дата	Напрямок потоку, румб	CAPE, Дж/кг	Li, °C
30-49 мм/12 год			
14.08.2005	Пд-Зх	1100	-2
21.06.2006	Пн-Зх	1300	-4
27.06.2009	Пд-Сх	1600	-4
30.09.2010	Пд-Зх	500	0
10.06.2011	Пд-Зх	600	-2
13.08.2012	Пд-Зх	600	-2
04.07.2015	Пд	600	-2
28.05.2015	Пд	100	2
29.05.2015	Пд	100	2
20.04.2016	Пд-Зх	50	0
25.07.2018	Пд	1200	-4
26.07.2018	Пд	1400	-6
25.05.2019	Пд	600	-1
06.07.2020	Пд-Зх	1100	-4
17.05.2021	Пд	800	-2
$\geq 50$ мм/12 год.			
26.07.2007	Зх	50	0
26.06.2009	Пд-Сх	1800	-6
09.10.2010	Пд-Зх	100	0

Опади, інтенсивність яких відповідала помаранчевому критерію СМЯ II, утворювалися при проходженні південного циклону (9 жовтня 2010 р., рис. А.7), на холодній ділянці полярного фронту на вісі меридіональне

орієнтованої улоговини циклону з центром над Балтійським морем (26 липня 2007 р., рис. А.3) та при загостренні полярного фронту на південній периферії обширного антициклону над ЄТР та Україною (26 червня 2009 р., рис. А.4).

Як видно з табл. 3.2, опади у Херсоні переважно (78 %) посилювалися при південних та південно-західному напрямку ВФЗ, двічі потоки повітря на рівні 500 гПа приймали південно-східний напрям, та по одному разу – північний та західний. Також виявилось, що після 2010 року сильні опади у пункті дослідження утворювалися виключно при південному або південно-західному напрямі потоків ВФЗ.

При значному посиленні опадів у тепле півріччя (з квітня по жовтень) вагомим чинником процесу є термічна конвекція, тому для аналізу термодинамічного стану атмосфери над Херсоном під час виникнення сильних опадів були проаналізовані два основних індекси конвекції за даними глобальної моделі GFS [23].

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

$$CAPE = g \int_{LFCT}^{EL} \frac{T-T'}{T'} dz, \quad (3.1)$$

де  $T$  – температура частки повітря,  $T'$  – температура навколишнього повітря,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $LFCT$  – рівень конденсації,  $EL$  – рівень конвекції (вирівнювання температур на верхньої межі конвективної хмари). Загальний запас енергії нестійкості в атмосфері CAPE знаходиться як алгебраїчна сума енергій нестійкості окремих шарів від рівня конденсації до рівня 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 частка, яка піднімається 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 сильної зливи, грози або граду.

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

Виявилося, що енергія нестійкості (ML CAPE) при посиленні опадів над станцією А Херсон з 2005 по 2021 рр. становила у середньому 790 Дж/кг, що вказувало на помірну нестійкість та можливість розвитку купчасто-дощової хмарності зі зливами та грозами. Одного разу цей індекс досягав 1800 Дж/кг, коли випало 62 мм/12 год., але двічі ML CAPE приймав значення від 50-100 Дж/кг за наявності опадів СМЯ II.

Додатні значення індексу підйому (Lifted index), які передбачають наявність інверсії температури, коли атмосфера дуже стійка та є розвинені низхідні рухи повітря, над Херсоном виявилися лише двічі (28-29 травня 2009 р.), коли опади посилювалися при виході південного циклону. Середнє значення індексу  $Li$  було  $-2,25^{\circ}\text{C}$ , а найнижче ( $-6^{\circ}\text{C}$ ) виявилось при загостренні атмосферних фронтів на південній периферії антициклону (26 червня 2009 р.) коли випало 62 мм за 12 год.

В якості прикладу розглянемо синоптичну ситуацію, що призвела до випадіння сильних опадів над Херсоном 20 квітня 2016 р, коли за 12 год.

випало 41 мм опадів у вигляді дощу. Інтенсивні опади спостерігалися зранку 20 квітня 2016 р. (рис. 3.2), коли погоду міста Херсон зумовлювала улоговина хвилевого циклону. В період з 21 години 19 квітня до 6 години 20 квітня у м. Херсон випало 41 мм опадів і досягнуто критерію НМЯ І. Спостерігались грози, погіршення видимості в дощі 2000-3000 м, посилення північно-східного вітру 10-12 м/с. Температура вночі та вдень становила 9-12 °С.



Рисунок 3.2 - Затоплення вулиць Херсона 20 квітень 2016 р.

20 квітня 2016 р. над ЄТР розташовувалася висотна улоговина, яка повністю охопила всю територію України, що сприяло випадінню сильних опадів (рис. 3.3). Структура приземного поля атмосферного тиску являла собою приклад баричної сідловини – де області зниженого тиску, які були обмежені ізобарою 1010 гПа, знаходилися над південним заходом Чорного моря та регіоном Середньої Волги. Друга барична пара – гребені високого тиску (від 1010 гПа) розташовувалися над Карпатським регіоном та Молдовою на заході +і Краснодарським Краєм та Туреччиною на південному сході. Над півднем України проходив полярний фронт, який мав ділянки оклюзії в обох циклонах.

Над Херсонщиною проходила холодна ділянка полярного фронту. Впродовж наступних 6 годин відбулася перебудова баричного рельєфу – циклон над заходом Чорного моря заглибився (-2 гПа), зменшився за площею

та пересунувся на 700 км на схід через посилення гребеню над заходом України (+5 гПа).

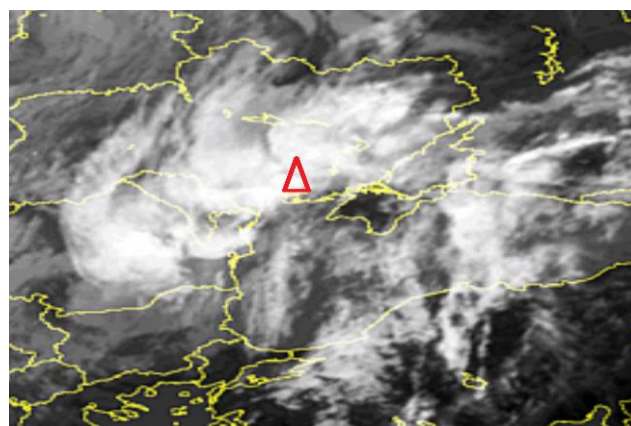
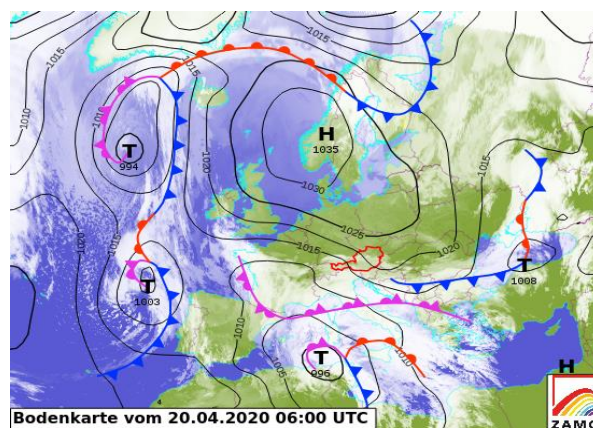
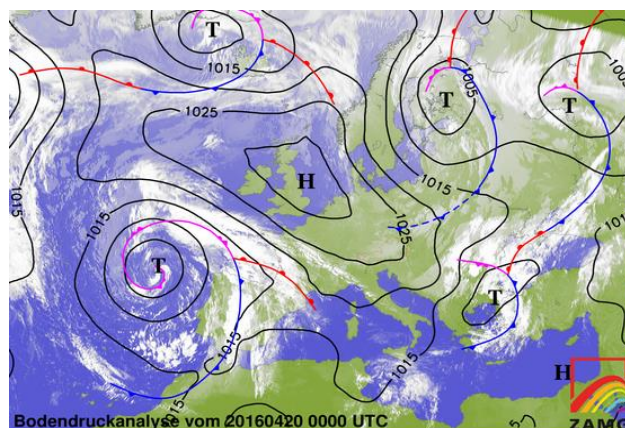
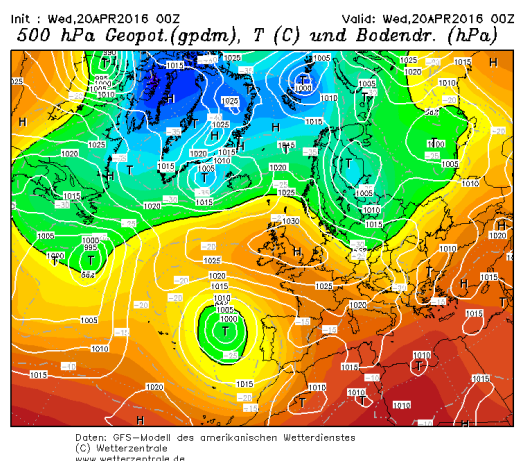
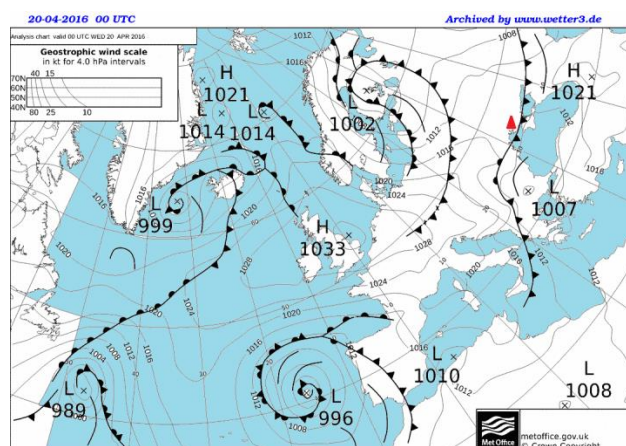


Рисунок 3.3 - Приземний аналіз та АТ-500 за 00 UTC, супутникові знімки за 00, 06 та 10 UTC за 20 квітня 2016 р., 00 [22-24]

За вказаний проміжок часу над областю пройшов холодний фронт, за яким продовжився розвиток купчасто-дощових хмар [22], що призвело до значних зливових опадів, коли за 12 годин випало 41 мм опадів.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра отримані наступні висновки:

1. Спостерігається помітне (на 37 мм) зменшення середньорічної кількості опадів: у 2002-2020 рр. середньорічна сума опадів у Херсоні становила 404,3 мм, а у попередньому кліматичному періоді – 441 мм.

2. Середньомісячна кількість опадів на ст. А Херсон зменшилася на 3 мм: від 36,8 до 33,7 мм у 1961-1990 та 2005-2020 рр., відповідно.

3. Максимум річного ходу кількості опадів для обох періодів дослідження припадав на липень – 49 та 46 мм для 1961-1990 та 2005-2020 рр., відповідно. Також опади часто спостерігалися у травні та червні м для обох періодів (рис. 2.1). Найменша кількість опадів у 1961-1990 рр. випадала у березні та жовтні, а у сучасному періоді – у березні та серпні.

4. Виявлено, що за період дослідження спостерігалось лише 18 випадків з інтенсивністю опадів  $> 30\text{мм}/12\text{ год.}$ , та три рази інтенсивність перевищувала  $50\text{мм}/12\text{ год.}$ , тобто було СМЯ II. З початку 2005 до середини 2021 року сильні опади утворювалися лише у тепле півріччя з максимумом повторюваності у липні. У порівнянні з 1961-1990 рр. кількість сильних дощів зросла у липні та червні, а зменшилася у серпні.

5. Сильні опади утворювалися при зниженому атмосферному тиску (не вище 1010 гПа), при слабкому північно-західному вітрі та у супроводі гроз.

6. Більш половини (55 %) епізодів сильних опадів пов'язана з південними циклонами, а решті утворювалися на південній периферії антициклону, та лише одного разу 26 липня 2007 р. у Херсоні випало 52 мм дощу під впливом улоговини циклону з центром на півночі ЄТР.

7. Опади у Херсоні переважно (78 %) посилювалися при південних та південно-західному напрямку ВФЗ. Енергія нестійкості при посиленні опадів становила у середньому 790 Дж/кг, а середнє значення індексу Li було  $-2,25^{\circ}\text{C}$ .



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балабух В.А., Лавриненко О.М., Ягодинець С.М., Малицька Л.В., Базалєєва Ю.О. Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості // Системи контролю навколишнього середовища: Збірник наукових праць МГІ НАН України. 2013. № 19. С. 189-198.
2. Балабух В. О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні. Наукові праці УкрНДГМІ. 2008. Вип. 257. С. 61-72.
3. Барабаш М. Б., Татарчук О. Г., Гребенюк Н. П., Корж Т. В. Сучасний стан режиму опадів на території України, як наслідок зміни клімату. Наукові праці УкрНДГМІ. 2006. Вип. 255. С. 25-41.
4. Ґрунти Херсонської області. <http://only-maps.ru/ekologiya/runti-xersonskoi-oblasti.html> (дата звернення: 26.04.2021).
5. Клімат України Під ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.)/ Державна гідрометеорологічна служба та ін. УНДГМІ ЦГО, Київ, 2006. [Електронний ресурс].
7. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди: підручн. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
8. Липинский В.Н., Осадчий В.И., Шестопапов В.М. и др. Атлас «Климат и водные ресурсы Украины», 2011. [https://uhmi.org.ua/conf/climate\\_changes/presentation\\_pdf/plenary\\_session/Lipinskiy\\_et\\_al.pdf](https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/plenary_session/Lipinskiy_et_al.pdf).
9. Мартазинова В. Ф., Свердлик Т. А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние // Труды Укр.НИГМИ, 1998. Вып. 246. С. 21-27.
10. Мартазинова В. Ф., Щеглов А. А. Характер экстремальных осадков начала XXI столетия на территории Украины. Український гідрометеорологічний журнал. 2018. № 22. С. 36-45.

11. Нажмудінова О.М. Особливості повторюваності сильних опадів теплового півріччя на території України у 2007-2016 рр. Фізична географія та геоморфологія. К.: ВГЛ «Обрії», 2017. Вып.4(88). С.77-81.

12. Настанова з оперативного гідрометеорологічного забезпечення та обслуговування галузей національної економіки. Керівний документ УкрГМЦ. КД 52.4.1.01 06. 2019. 37 с.

13. Національний атлас України [Електронний ресурс]: – режим доступу: [www.atlas.igu.org.ua](http://www.atlas.igu.org.ua) (дата звернення 14.04.2021).

14. Погода в Херсоні. [www.rp5.ua](http://www.rp5.ua) (дата звернення: 01.06.2021).

15. Положення про порядок складання та доведення попереджень, оперативних інформацій, оповіщень, донесень про виникнення і розвиток небезпечних та стихійних метеорологічних явищ I, II та III рівнів небезпечності: затв. наказом Українського гідрометеорологічного центру від 27.12.2019 № 245. Київ: УкрГМЦ, 2019. 18 с.

16. Семергей-Чумаченко А. Б. , Слободяник К. Л. Просторово-часовий розподіл сильних опадів над Україною протягом 1979-2019 рр. за даними реаналізу ERA5 // Український гідрометеорологічний журнал, 2020, № 26.

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

18. 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.

19. Херсонська область. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Херсонська\\_область](https://uk.wikipedia.org/wiki/Херсонська_область) (дата звернення 21.03.2021 р.).

20. Школьний Є. П. Фізика атмосфери. Одеса, 1997. 698 с.

21. Tymofeyev V. E., Scheglov A., Skorotyana Yu. On the extreme summer precipitation in Ukraine over the last decades. Proceedings of the 7<sup>th</sup> European Conference on Severe Storms (ECSS2013), 3-7 June. Helsinki, Finland, 2013.

22. Sat24. History/Archived images. <http://www2.sat24.com/history.aspx?culture=en> (дата звернення: 20.05.2021).

23. The World in Weather Charts. [Archive UKMET analysis charts. http://www1.wetter3.de/archiv\\_ukmet\\_dt.html](http://www1.wetter3.de/archiv_ukmet_dt.html) (дата звернення: 20.05.2021).

24. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetterkarte> (дата звернення 25.05.2021 р.).

ДОДАТОК



## Додаток А

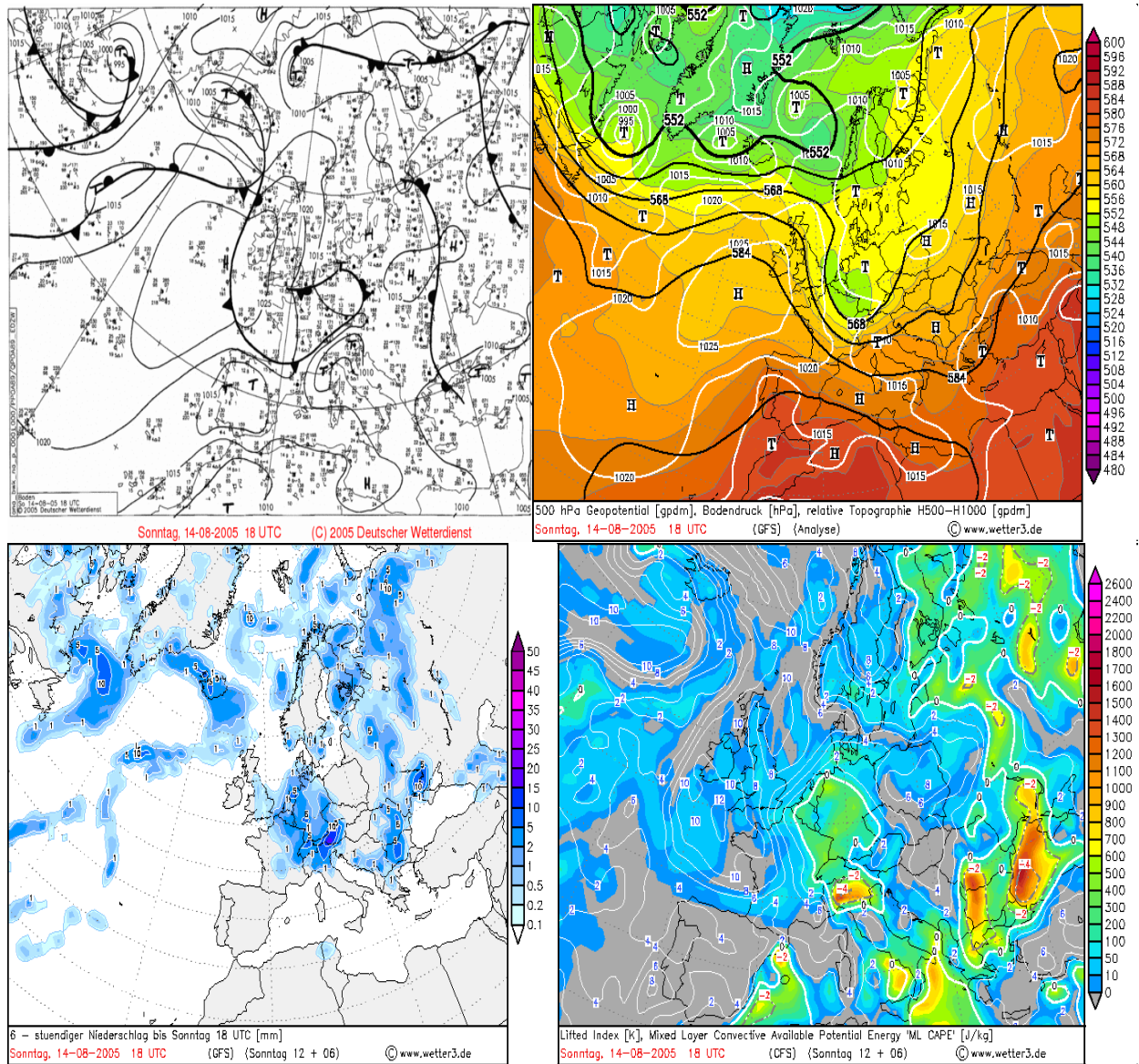


Рисунок А.1 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li за 14.08.2005 р.

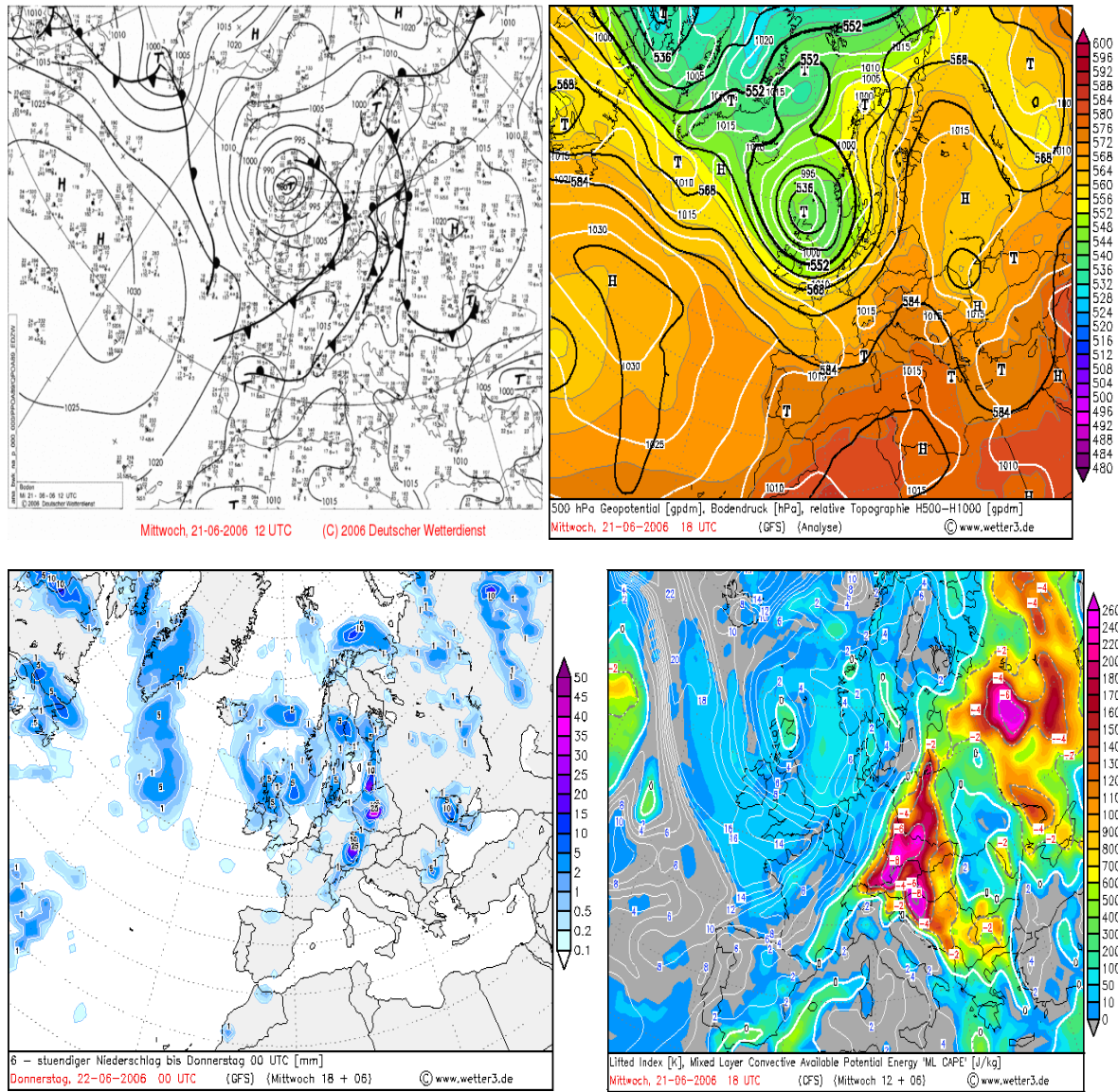
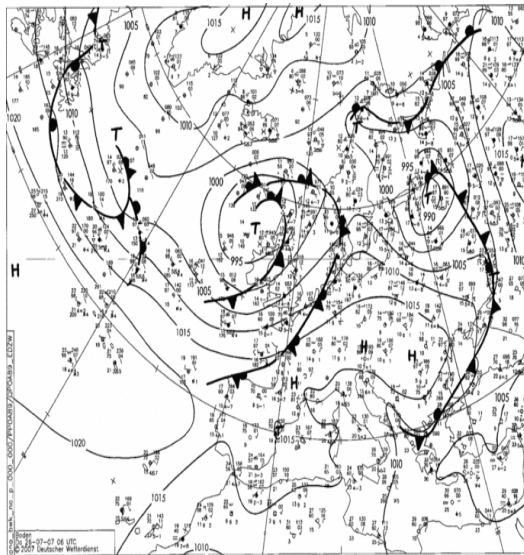
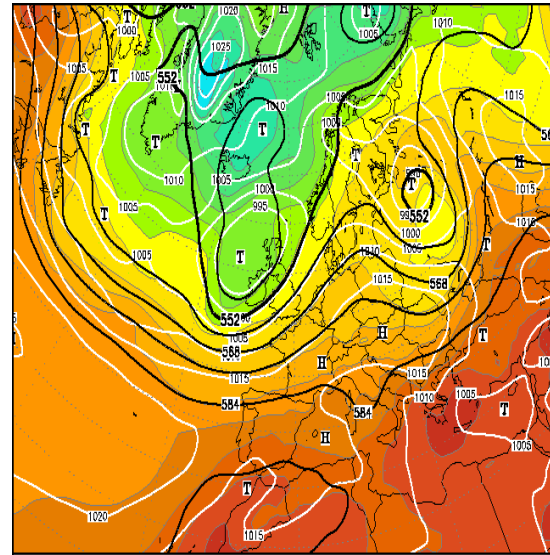


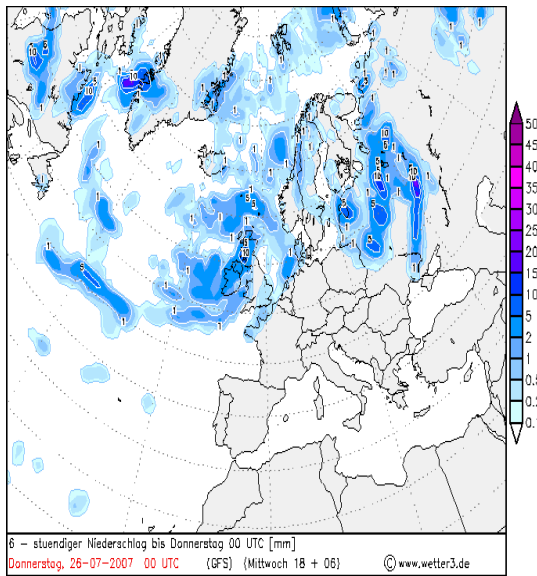
Рисунок А.2 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li за 21.06.2006 р.



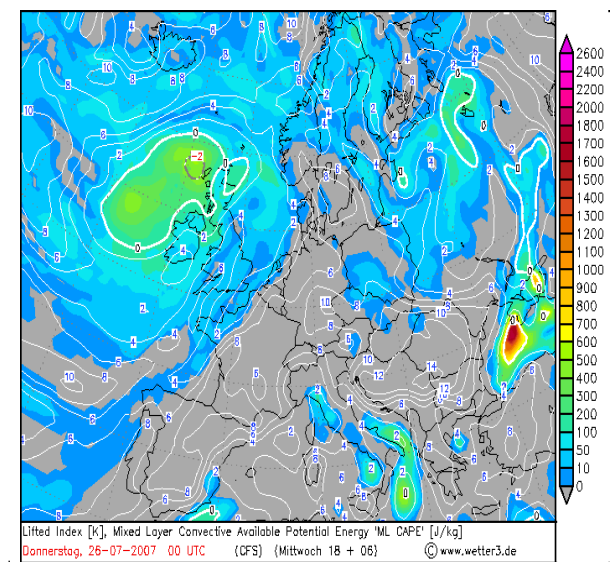
Donnerstag, 26-07-2007 06 UTC (C) 2007 Deutscher Wetterdienst



500 hPa Geopotential [gpdm], Bodendruck [hPa], relative Topographie H500-H1000 [gpdm]  
Donnerstag, 26-07-2007 06 UTC (GFS) (Analyse) © www.wetter3.de



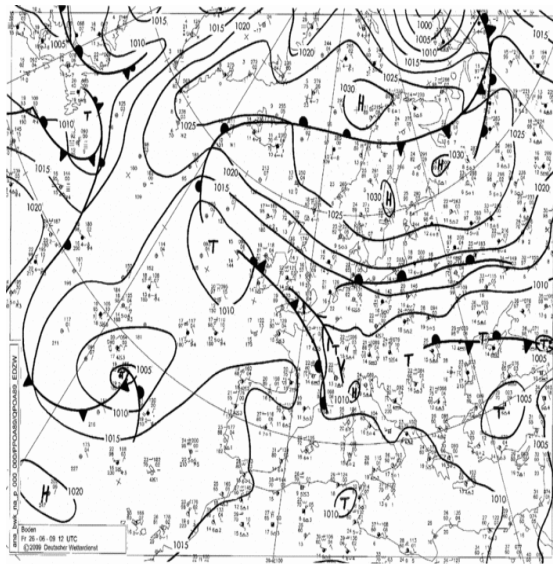
6 - stündiger Niederschlag bis Donnerstag 00 UTC [mm]  
Donnerstag, 26-07-2007 00 UTC (GFS) (Mittwoch 18 + 06) © www.wetter3.de



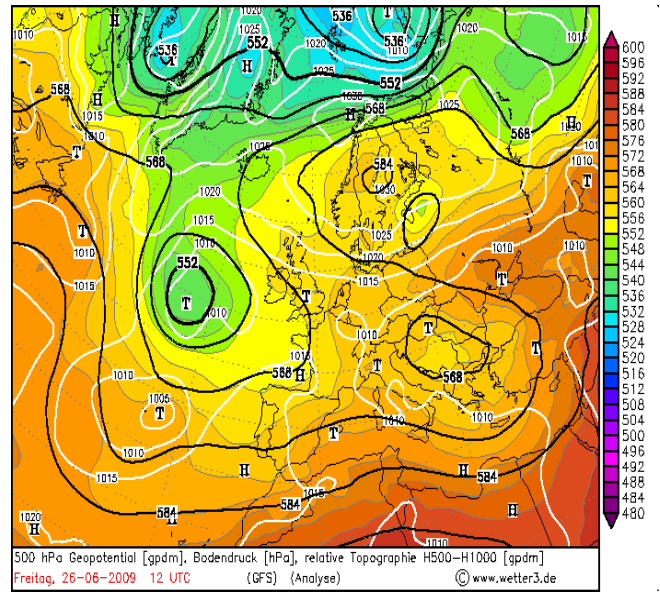
Lifted Index [K], Mixed Layer Convective Available Potential Energy 'ML CAPE' [J/kg]  
Donnerstag, 26-07-2007 00 UTC (GFS) (Mittwoch 18 + 06) © www.wetter3.de

Рисунок А.3 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та LI за 26.07.2007 р.

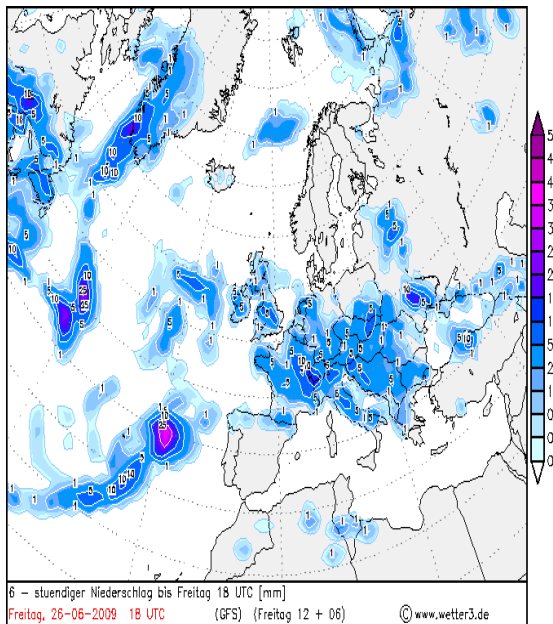




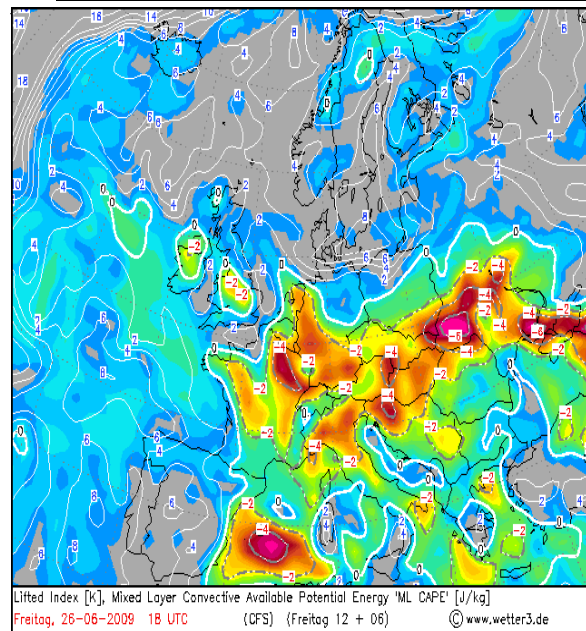
Freitag, 26-06-2009 12 UTC (C) 2009 Deutscher Wetterdienst



500 hPa Geopotential [gpm], Bodendruck [hPa], relative Topographie H500-H1000 [gpm]  
Freitag, 26-06-2009 12 UTC (GFS) (Analyse) © www.wetter3.de



6 - stündiger Niederschlag bis Freitag 18 UTC [mm]  
Freitag, 26-06-2009 18 UTC (GFS) (Freitag 12 + 06) © www.wetter3.de



Lifted Index [K], Mixed Layer Convective Available Potential Energy 'ML CAPE' [J/kg]  
Freitag, 26-06-2009 18 UTC (GFS) (Freitag 12 + 06) © www.wetter3.de

Рисунок А.4 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li за 26.06.2009 р.

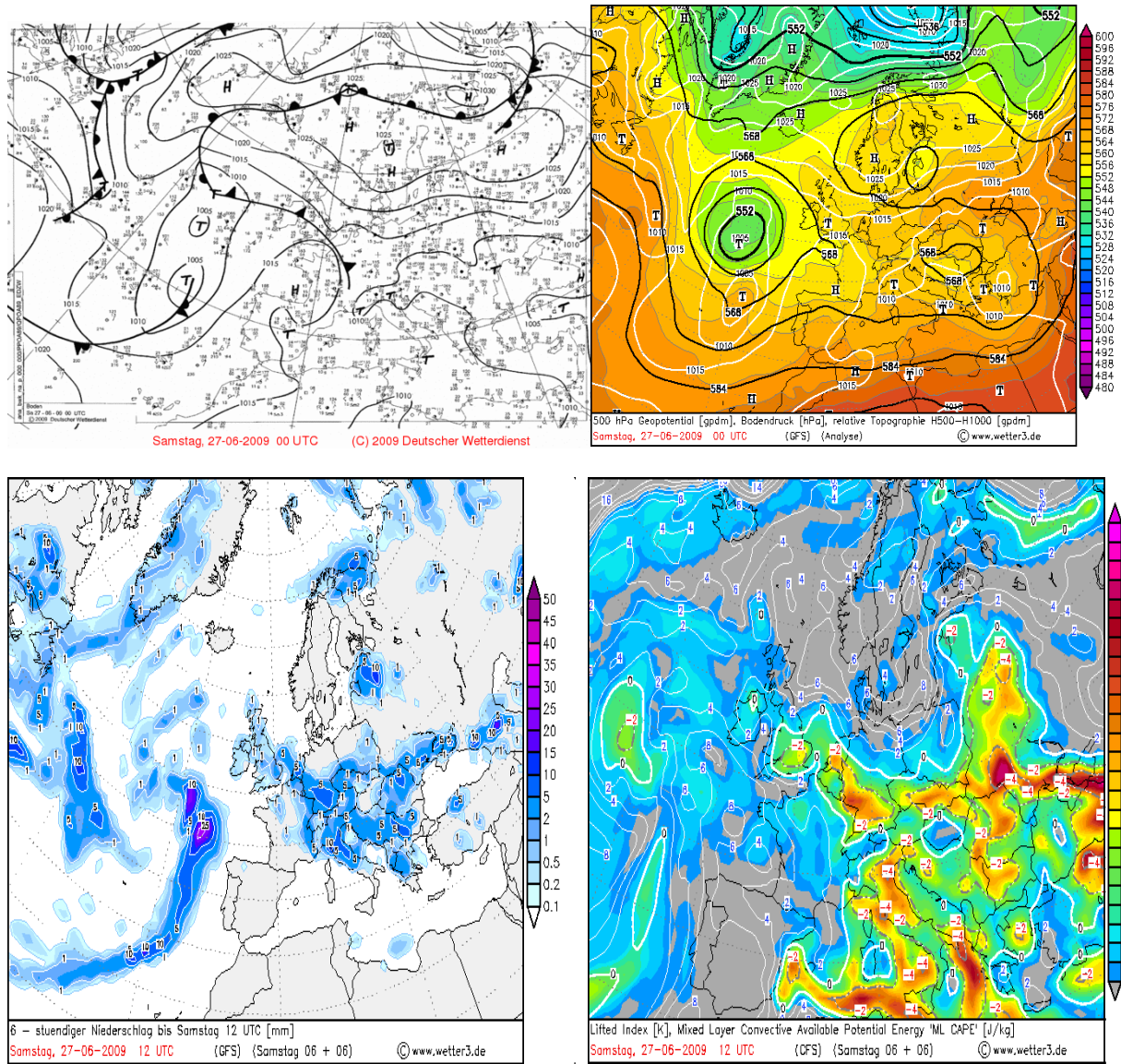
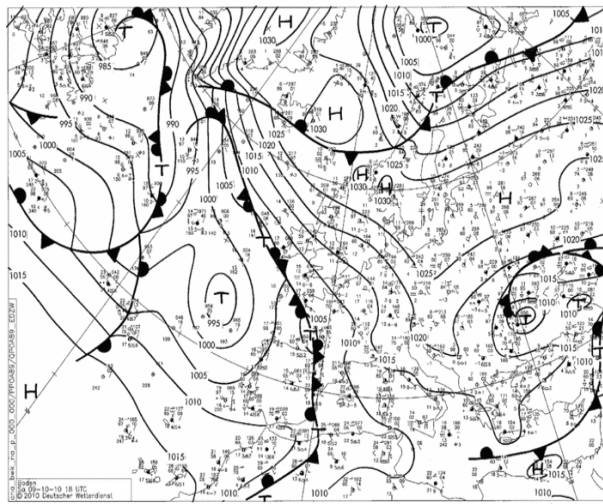
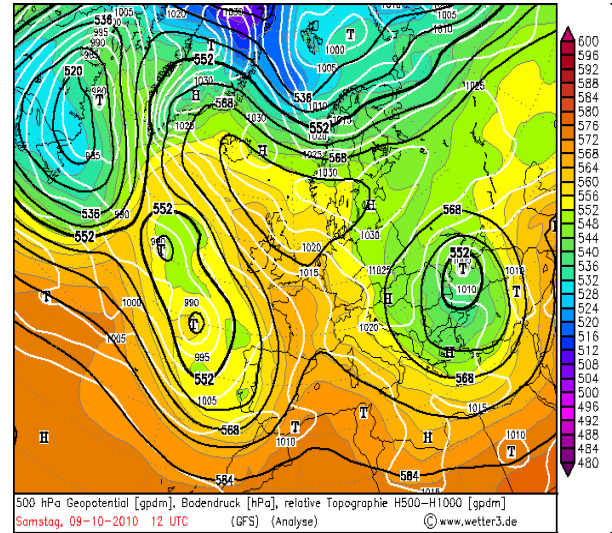


Рисунок А.5 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li за 27.06.2009 р.

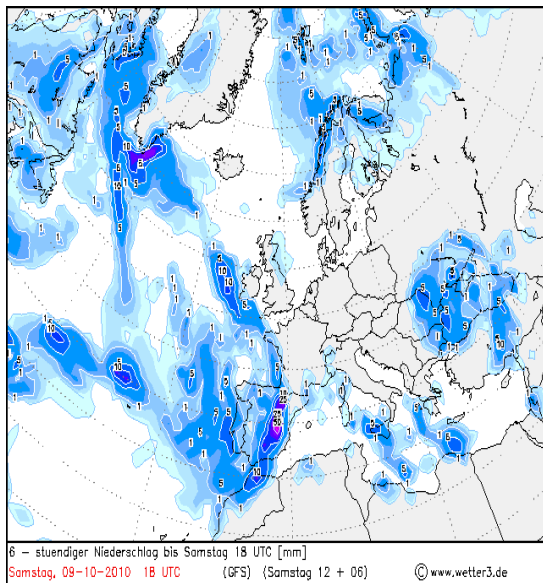




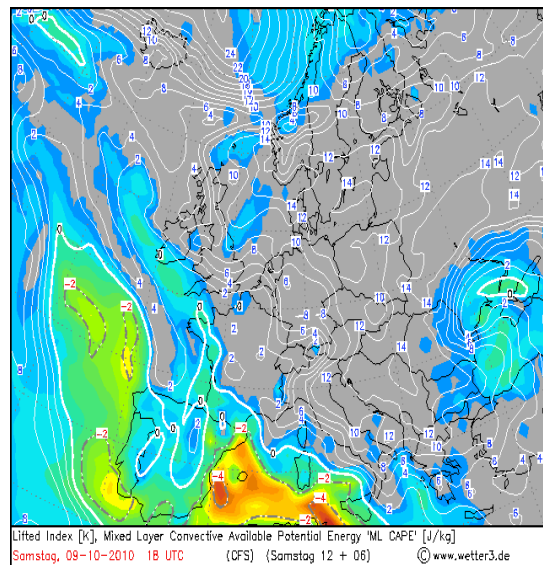
Samstag, 09-10-2010 18 UTC (C) 2010 Deutscher Wetterdienst



500 hPa Geopotential [gpm], Bodendruck [hPa], relative Topographie H500-H1000 [gpm]  
Samstag, 09-10-2010 12 UTC (GFS) (Analyse) © www.wetter3.de



6 - stündiger Niederschlag bis Samstag 18 UTC [mm]  
Samstag, 09-10-2010 18 UTC (GFS) (Samstag 12 + 06) © www.wetter3.de



Lifted Index [K], Mixed Layer Convective Available Potential Energy 'ML CAPE' [J/kg]  
Samstag, 09-10-2010 18 UTC (GFS) (Samstag 12 + 06) © www.wetter3.de

Рисунок А.6 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li за 30.09.2010 р.

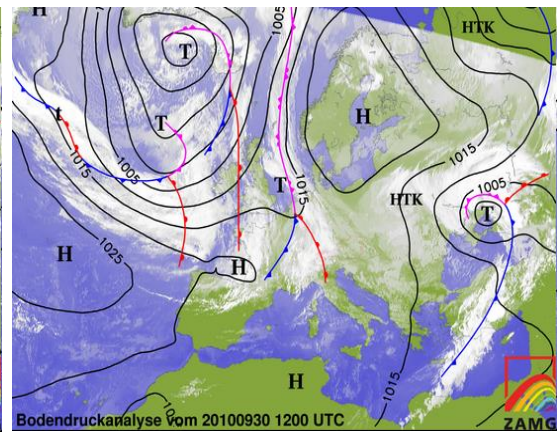
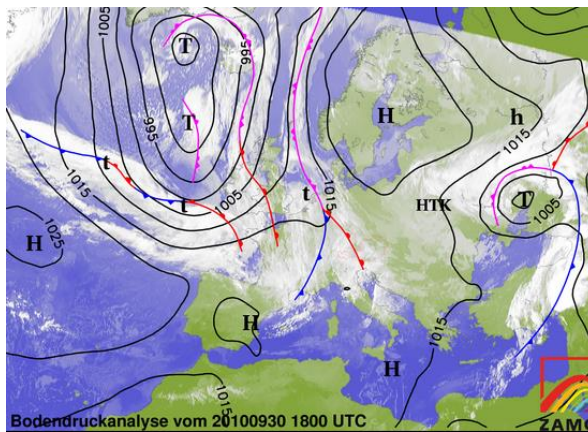
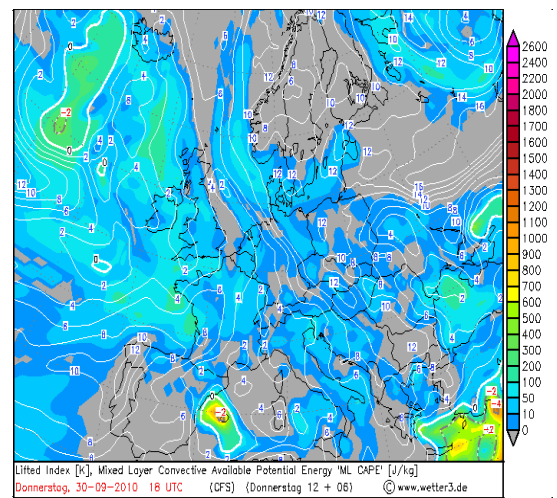
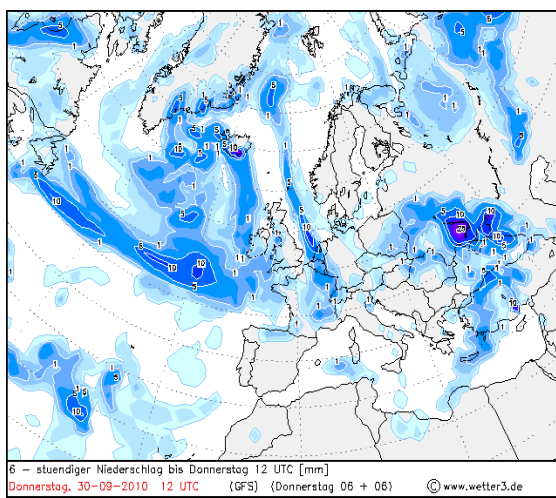
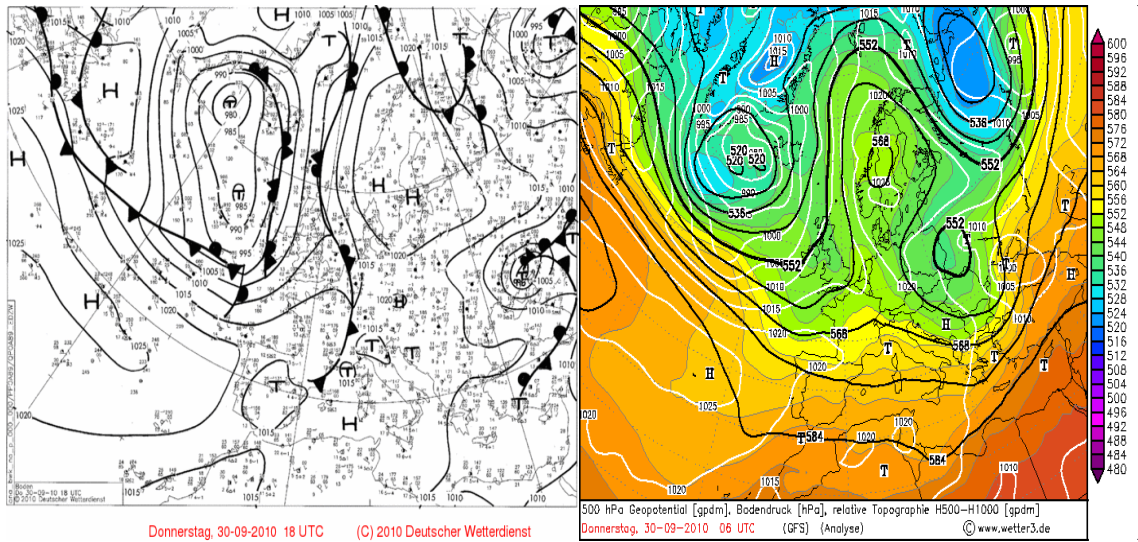


Рисунок А.7 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 9.10.2010 р.



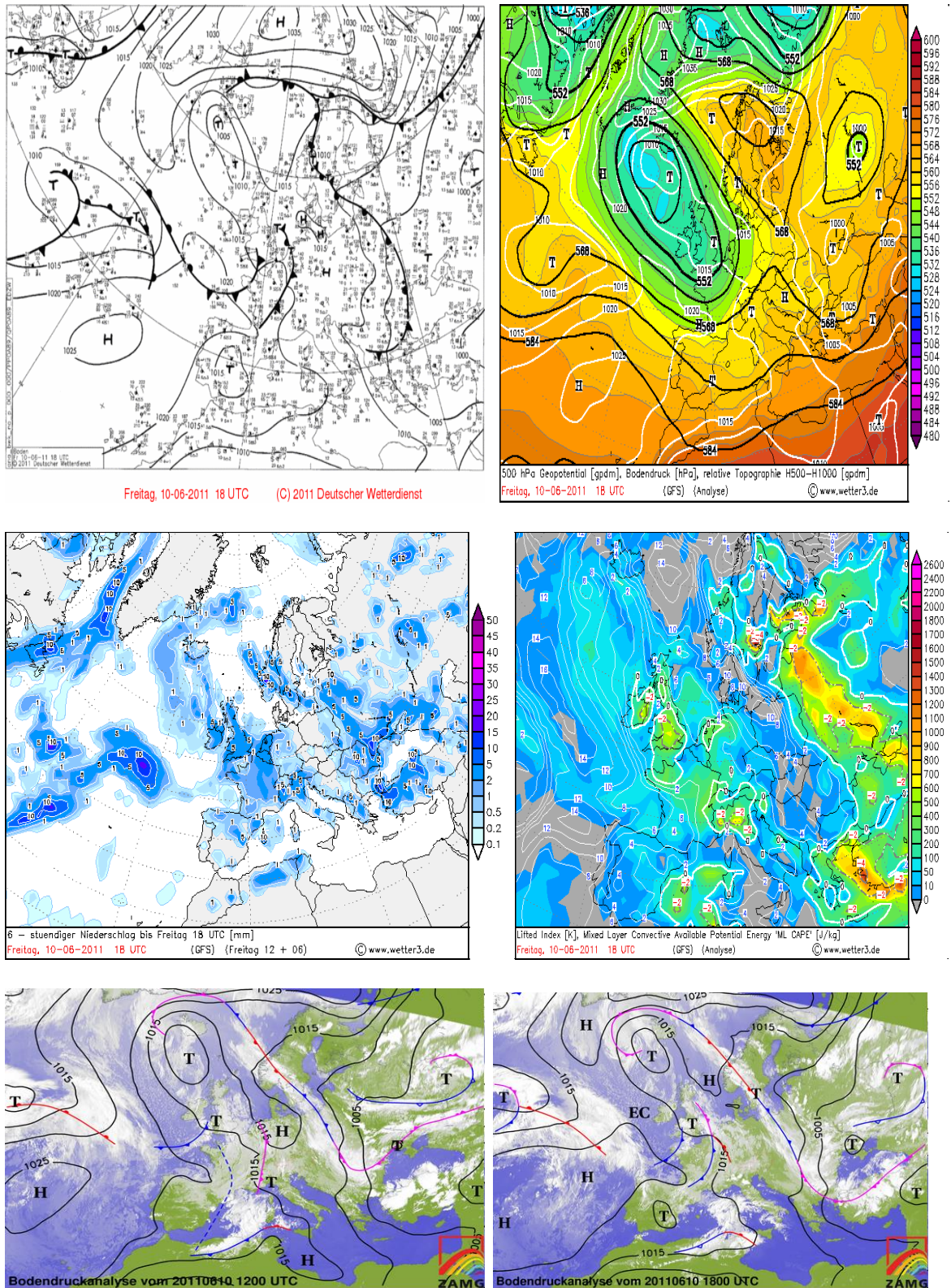


Рисунок А.8 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 10.06.2011 р.



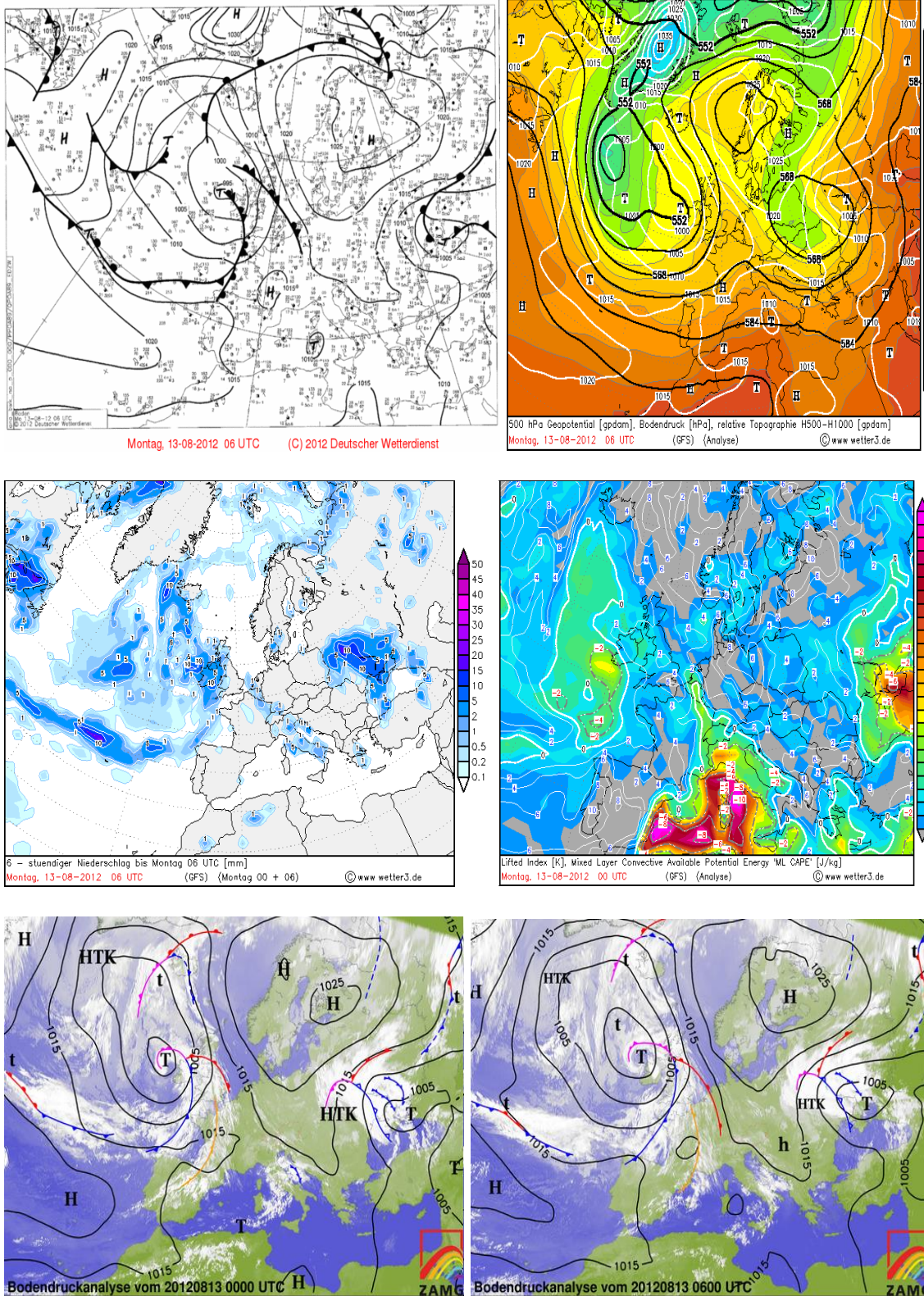


Рисунок А.9 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 13.08.2012 р.



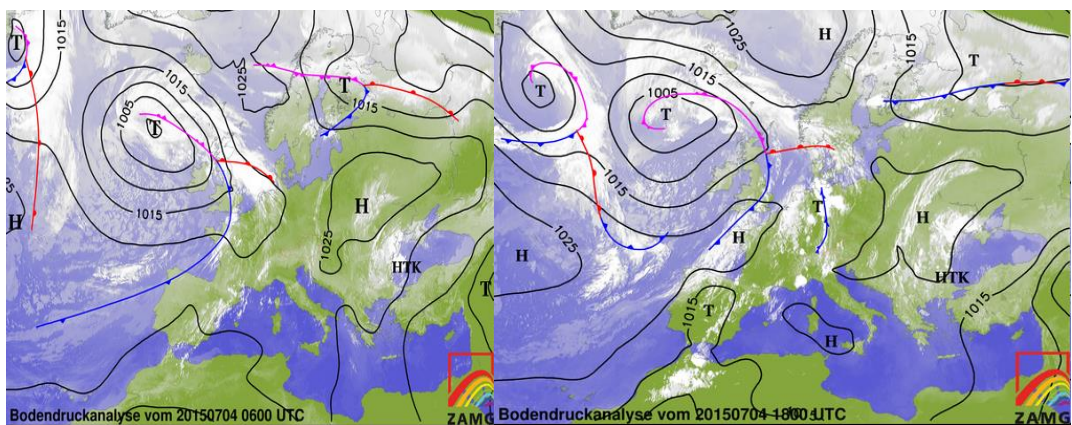
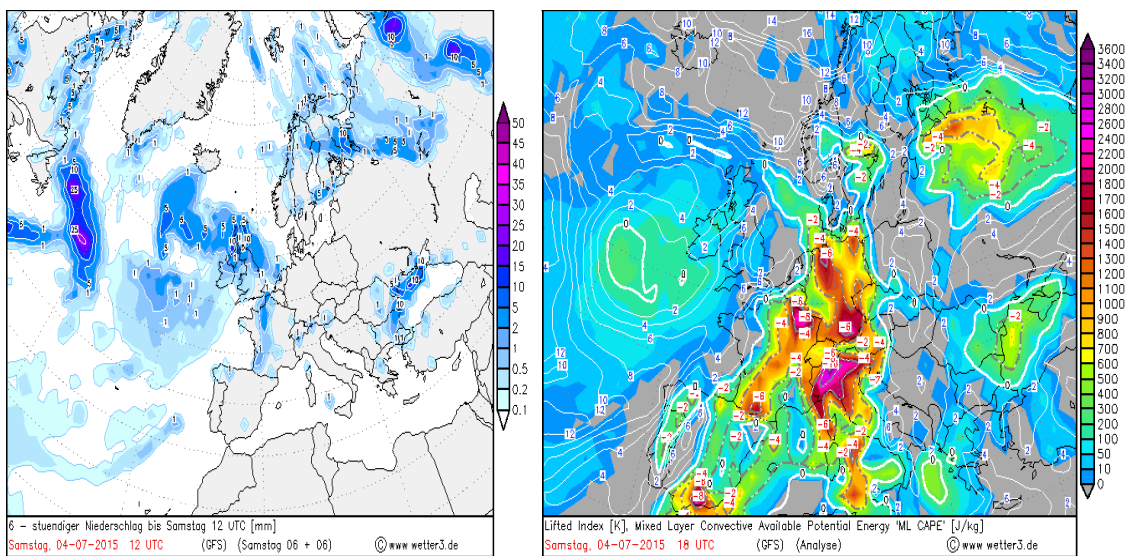
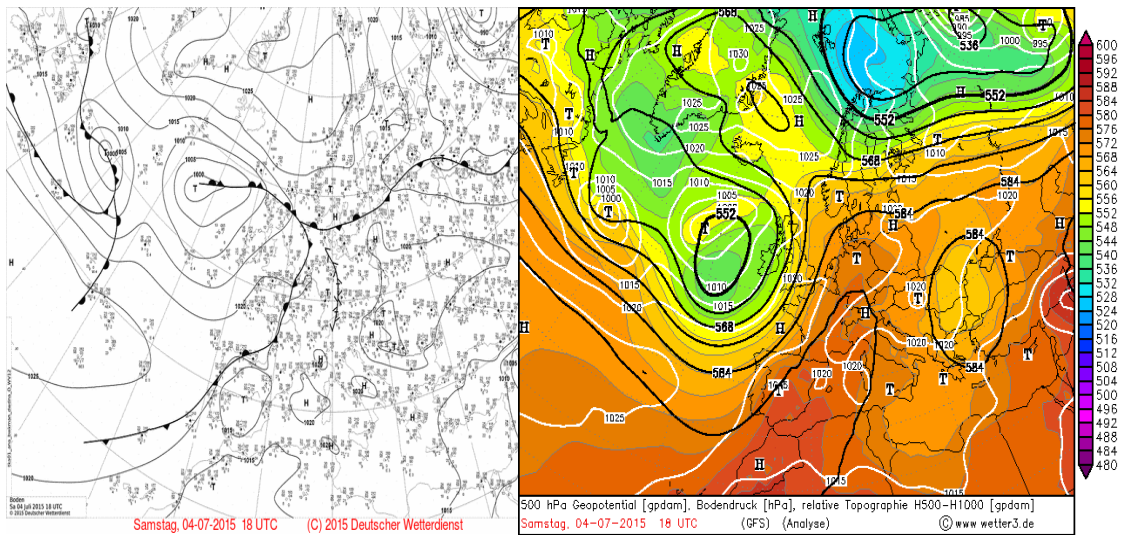


Рисунок А.10 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та LI, супутникові знімки за 4.07.2015 р.



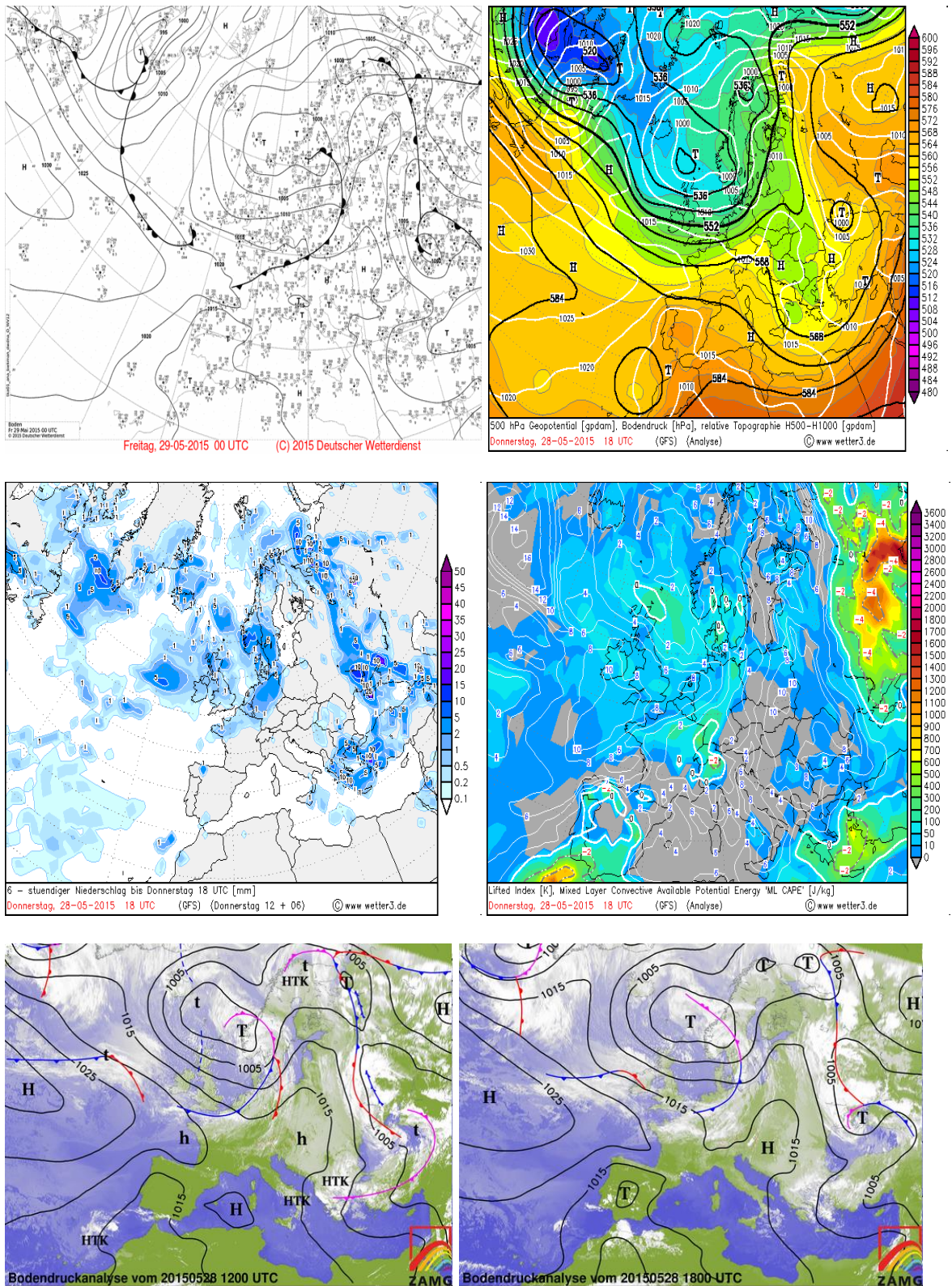


Рисунок А.11 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 28.05.2015 р.



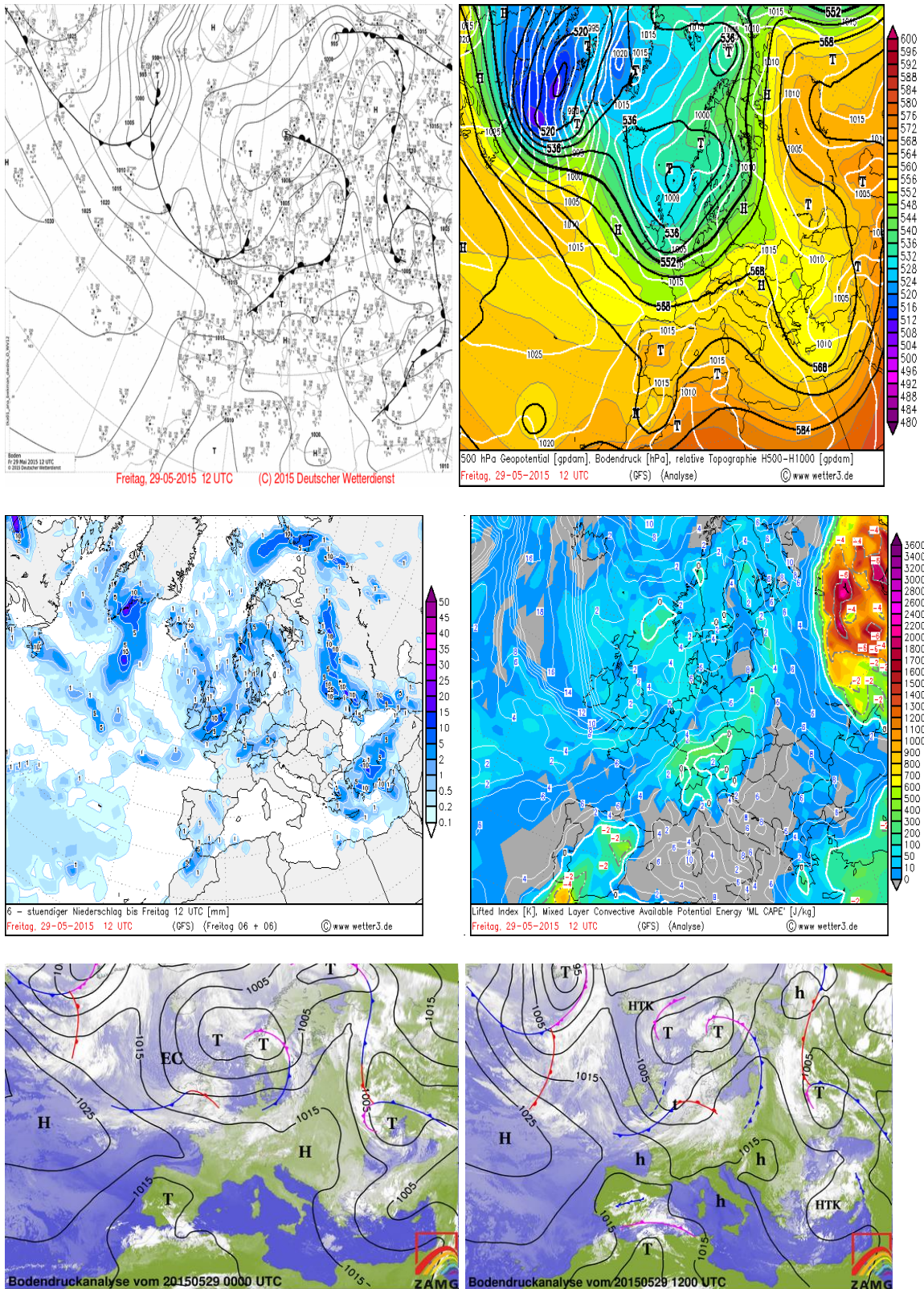


Рисунок А.12 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 29.05.2015 р.



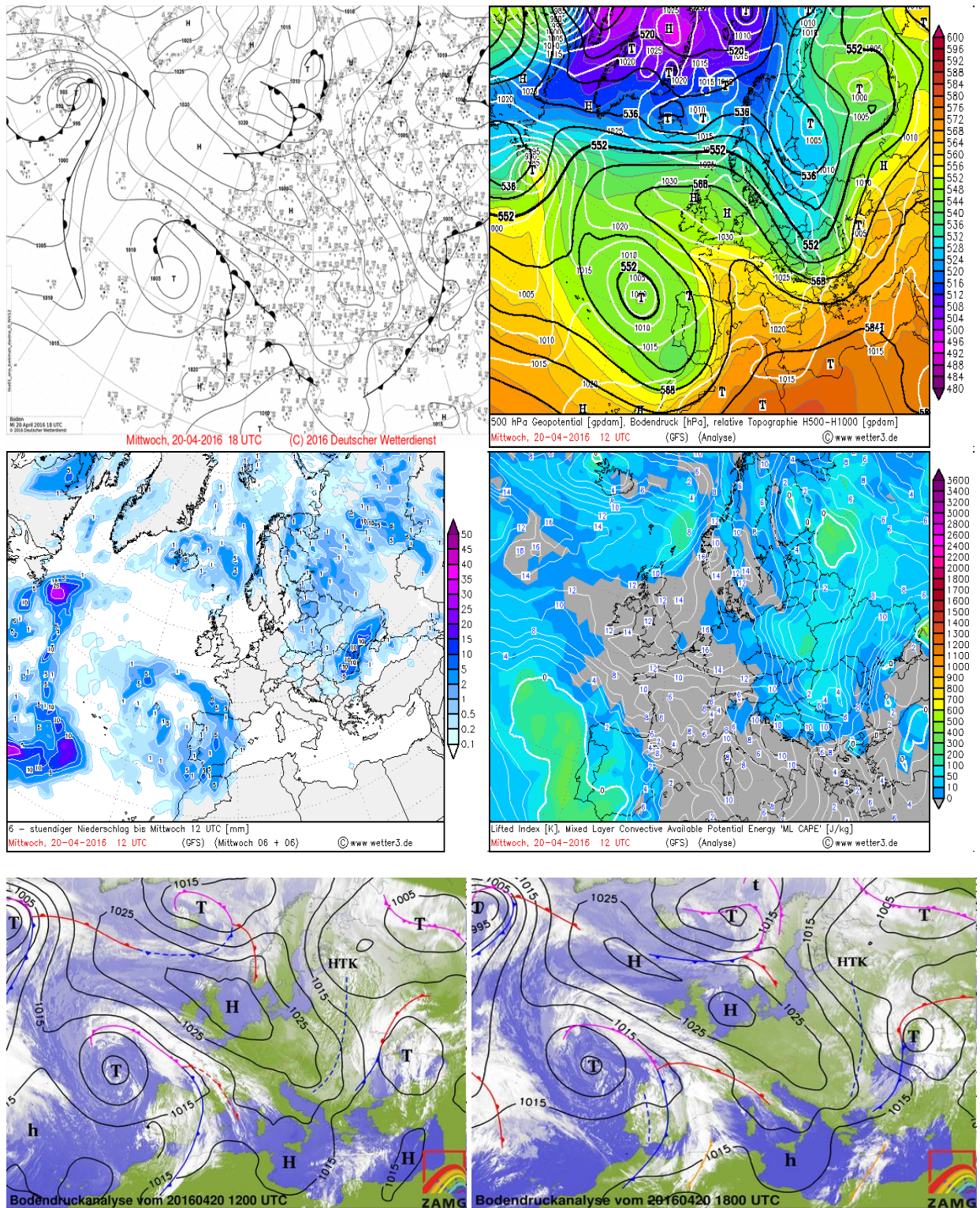


Рисунок А.13 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 20.04.2016 р.



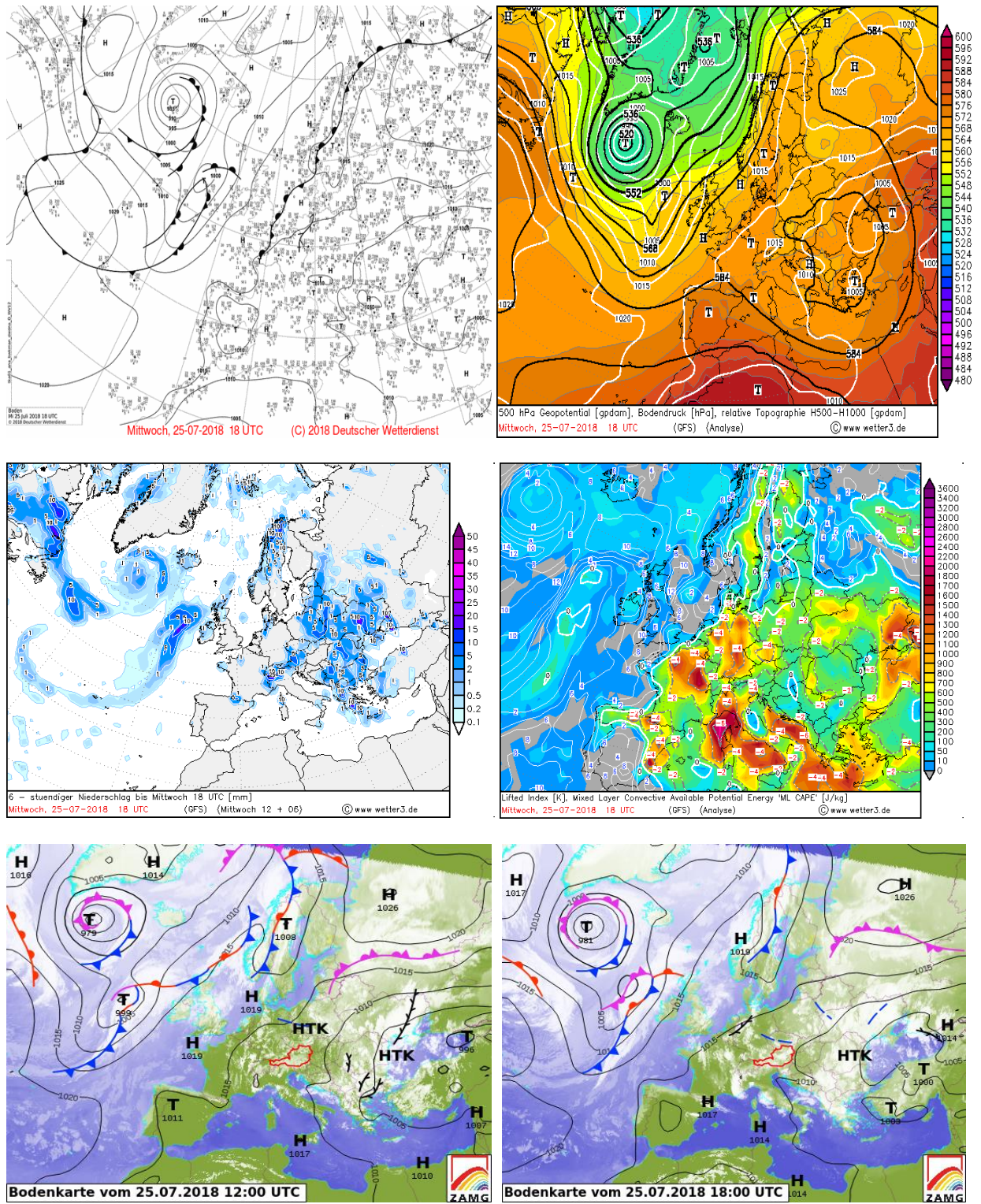


Рисунок А.14 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 25.07.2018 р.



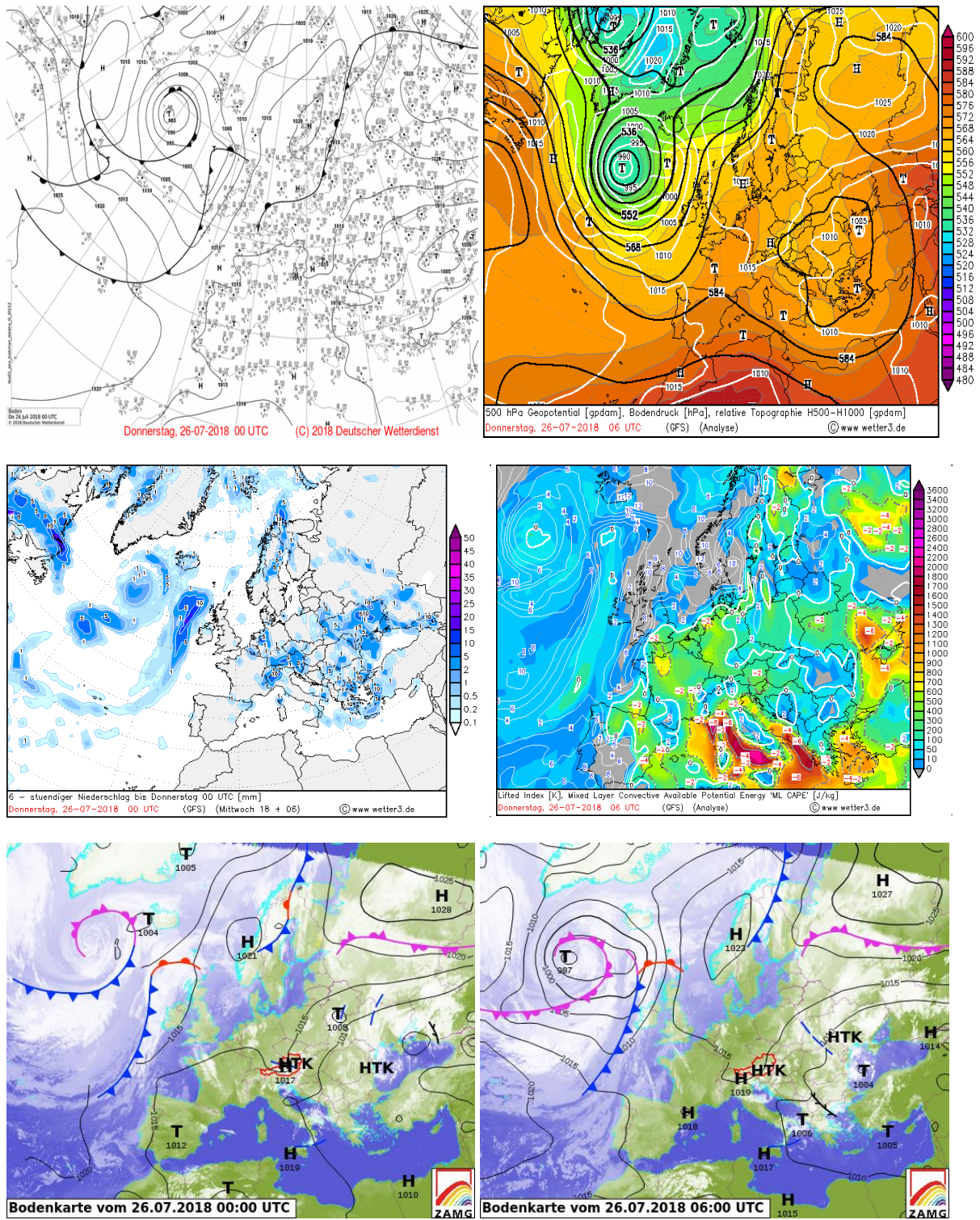


Рисунок А.15 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 26.07.2018 р.



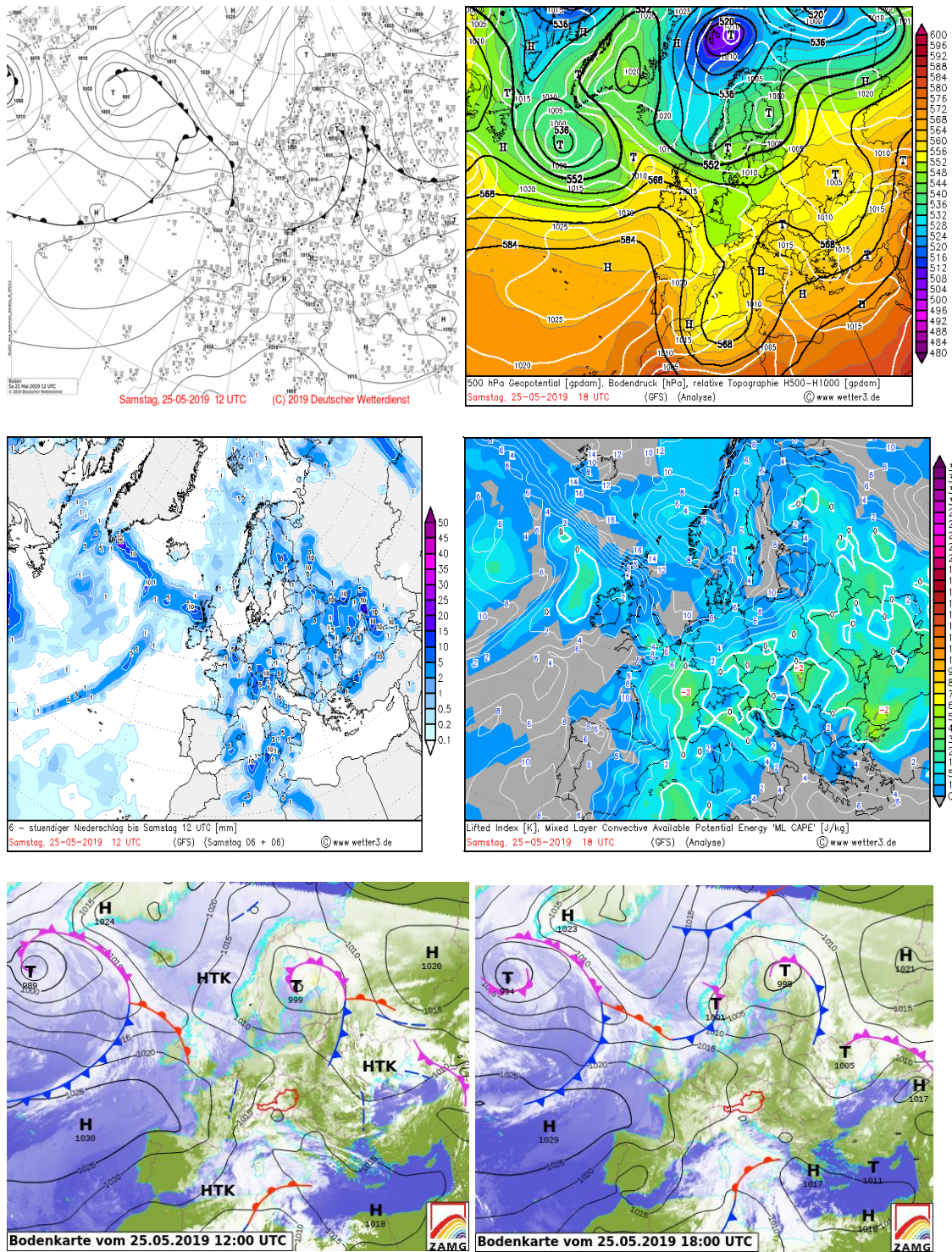


Рисунок А.16 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 25.05.2019 р.



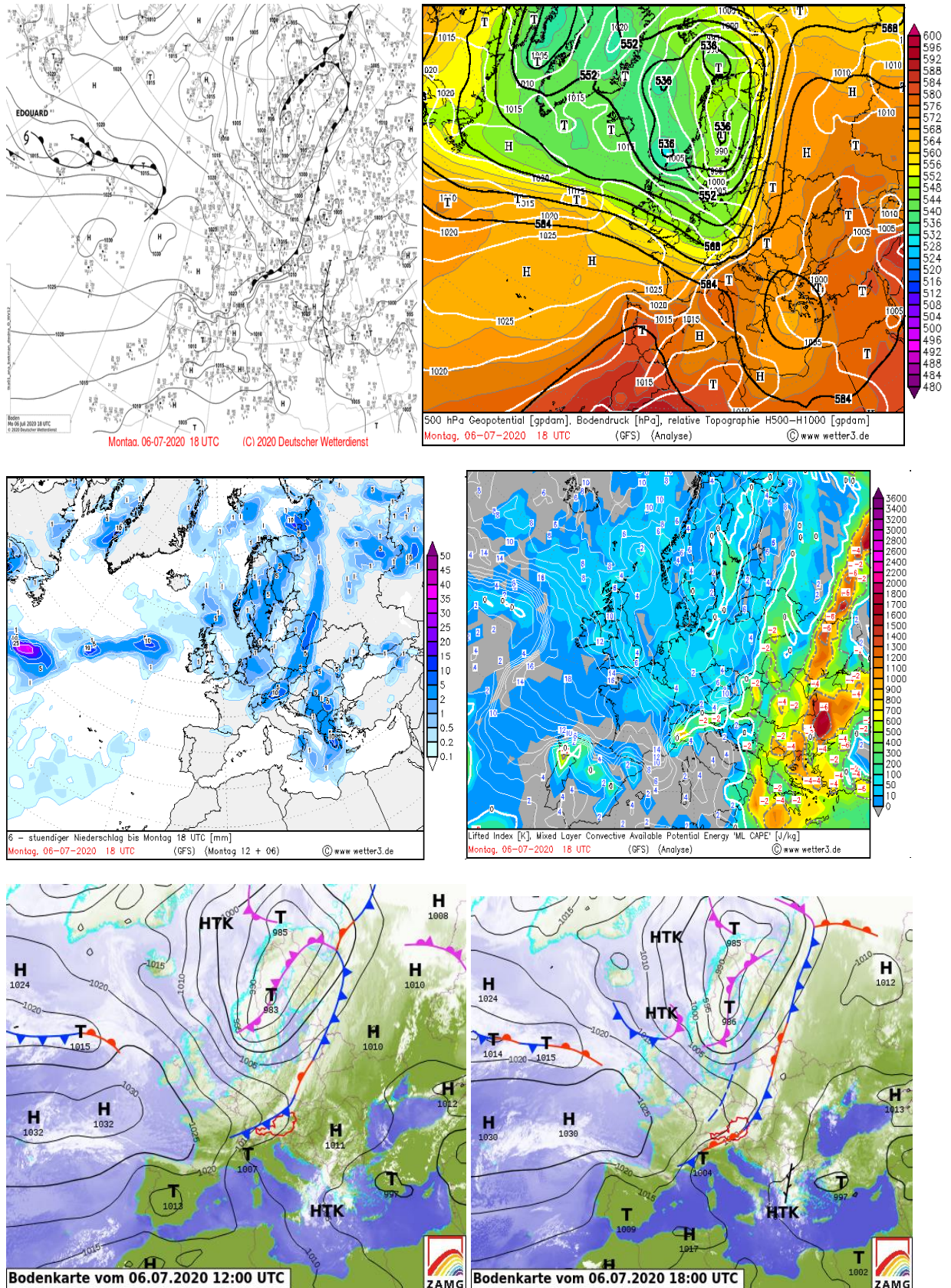


Рисунок А.17 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 6.07.2020 р.



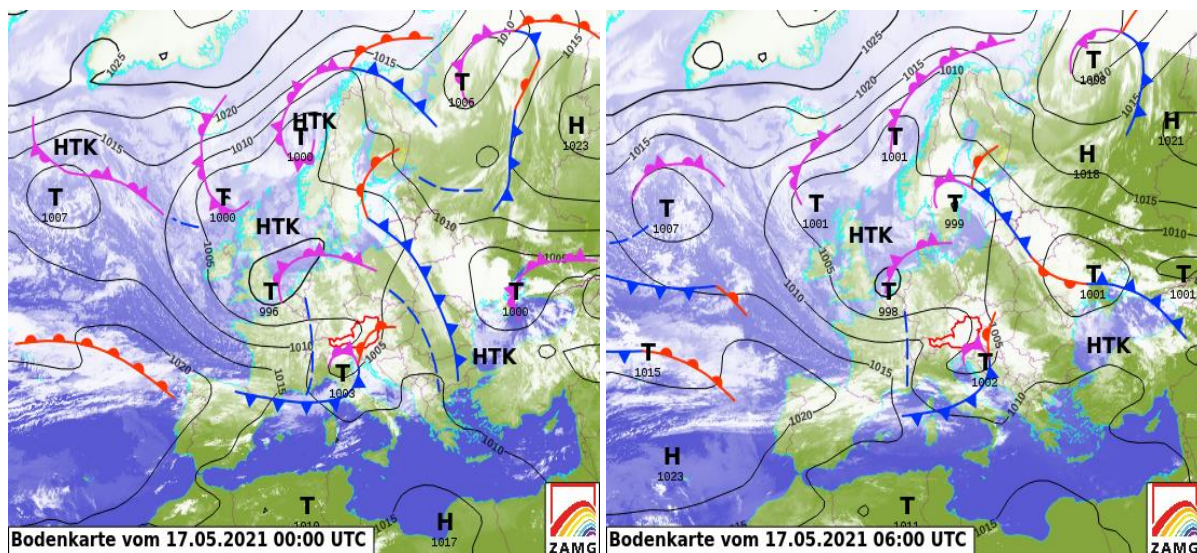
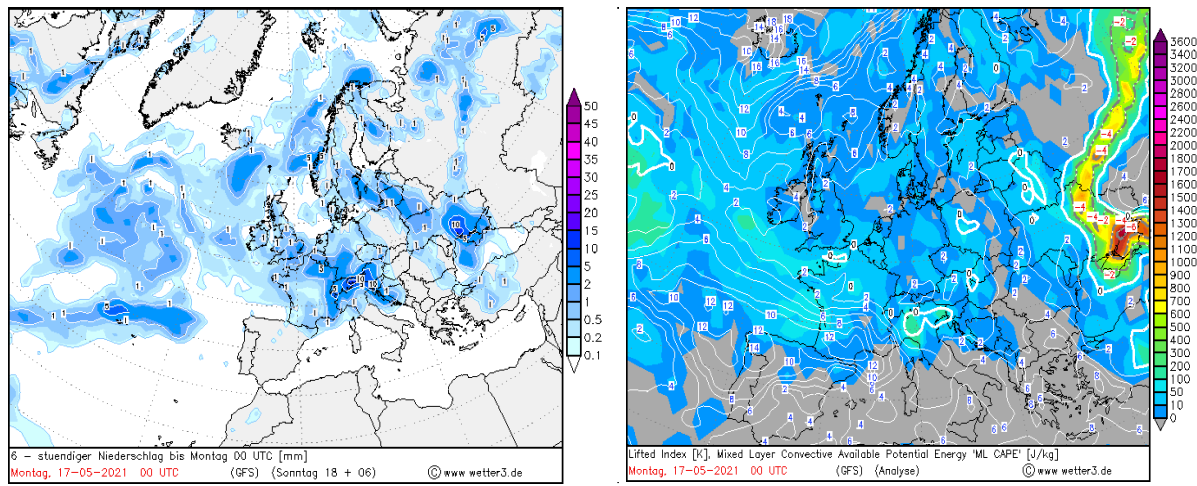
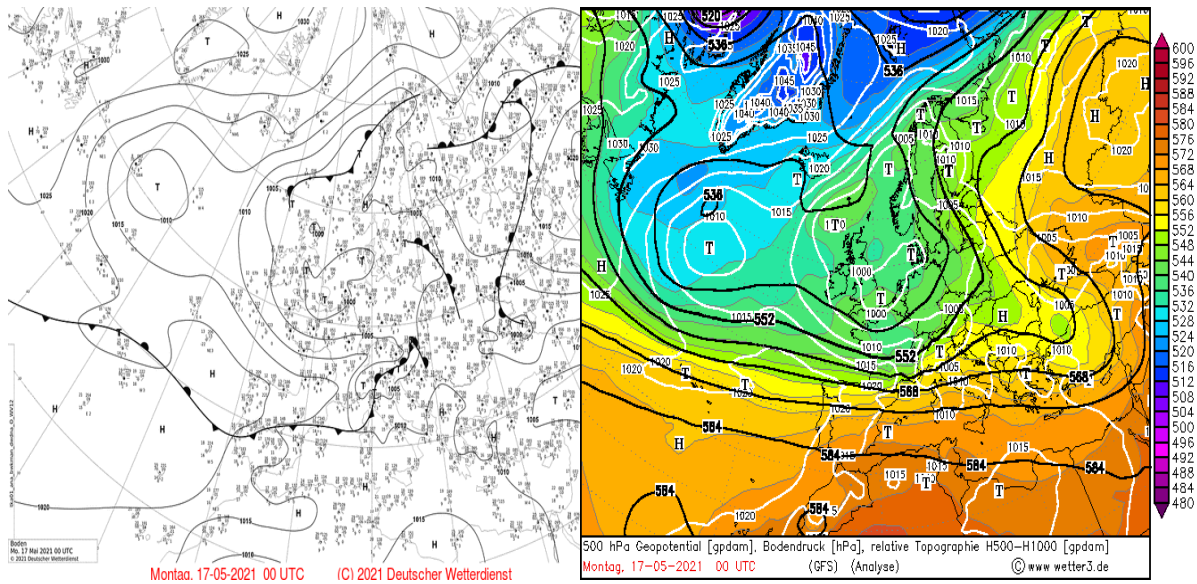


Рисунок А.18 - Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000, карта опадів і індексів конвекції CAPE та Li, супутникові знімки за 17.05.2021 р.