

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення
кваліфікації кадрів
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Умови утворення сильних снігопадів на АМСЦ Броди

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

Біла Васи́лина Степанівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник _____ к.геогр.н. , доцент
Агайар Еллі́на Вікторівна

Консультант _____

Рецензент _____ д. геогр. .н. ,проф.
Ляшенко Га́лина 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

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту (ці) Білої Васи́ліні Сепанівні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Умови утворення сильних снігопадів на АМСЦ Броди

керівник роботи к. геогр.н., доц. Агайар Елліна Вікторівна _____
(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 Дані телеграм METAR, дані штормових попереджень інтерактивної бази АРМСин та щоденників погоди щодо випадків з сильними снігопадами на ст. АМСЦ Броди за період з 2011 по 2020 рр.; 2. Синоптичні карти з архіву бази даних Wetterzentrale 3. Аеросиноптичні матеріали за 12-13 листопада 2016 р.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд сучасних літературних джерел за темою дослідження 2. Аналіз просторово-часового розподілу основних характеристик сильних снігопадів в районі аеропорту Броди. 3. Визначення найбільш ймовірних синоптичних процесів, що формують сильні снігопади в районі ст. АМСЦ Броди 4. Аналіз синоптичних умов утворення надзвичайного снігу в районі ст. АМСЦ Броди 12-13 листопада 2016 р.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Рис. 1.1 – Орографічна карта Львівської області; Рис. 1.2-1.7 – Багаторічні характеристики метеорологічних величин на ст. АМСЦ Броди; Рис. 2.1-2.4 – Повторюваність (%) характеристик сильного снігу в районі аеродрому Броди; Рис. 3.1-3.3 – Синоптичні умови утворення сильного снігу на АМСЦ Броди; Рис. 3.4-3.12 – Аеросиноптичні дані за 12-13 листопада 2016 р.

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.	Вивчення літературних джерел за темою дослідження	05.05.2021 р. - 07.05.2021 р.	90	відмінно
2.	Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження	08.05.2021 р.- 10.05.2021 р.	90	відмінно
3.	Аналіз повторюваності випадків з сильним снігом на ст. АМСЦ Броди за період 2011-2020 рр.	11.05.2021р.- 13.05.2021 р..	90	відмінно
4.	Оценка циркуляційних умов утворення сильних снігопадів в районі аеродрому Броди	14.05.2021 р.- 16.05.2021 р.	90	відмінно
5.	Рубіжна атестація	17.05.2021 р.- 22.05.2021 р.	90	відмінно
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	23.05.2021р.- 03.06.2021 р.	90	відмінно
7.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	03.06.2021 р.- 05.06.2021 р.	90	відмінно
8.	Підготовка паперової версії кваліфікаційної роботи бакалавра і презентаційного матеріалу захисту	06.06.2021 р.- 10.06.2021 р.	90	відмінно
9.	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	90	відмінно

Студент (ка) _____
(підпис)Біла В. С.
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис)Агайар Е. В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Фізико-географічна та кліматична характеристика АМСЦ Броди.....	6
1.1 Фізико-географічний опис АМСЦ Броди.....	6
1.2 Кліматична характеристика аеродрому Броди.....	9
2 Просторово-часовий розподіл основних характеристик сильних снігопадів в районі аеропорту Броди.....	16
2.1 Загальні відомості о формуванні снігопадів на Україні.....	16
2.2 Повторюваність снігопадів на АМСЦ Броди. 2011-2020 рр.....	20
3 Особливості атмосферної циркуляції на Львівщині при випаданні сильних снігопадів 2011-2020 рр.....	24
3.1 Характеристика баричного поля, що сприяє виникненню сильних снігопадів у районі дослідження	24
3.2 Синоптичні і термодинамічні умови виникнення сильного снігопаду на АМСЦ Броди 12-13 листопада 2016 р.	27
Висновки.....	36
Перелік посилань	37
Додаток А.....	38

ВСТУП

Зимні погодні процеси є вирішальним фактором, що впливає на повсякденну діяльність в аеропортах і викликає затримки рейсів або навіть загрозу безпеці [7, 15]. Зони, вкриті снігом або обмерзлі аеродроми і літаки вимагають своєчасного початку робіт по боротьбі з обмерзанням. Щоб мінімізувати економічні втрати і підтримувати безпеку в зоні аеродрому, зимові погодні ситуації в районі дослідження навколо аеропорту повинні бути виявлені і спрогнозовані з максимально можливою точністю [1, 3, 10].

Однією з важливих характеристик зимового сезону є снігопад, який впливає на утворення, інтенсивність, тривалість залягання, щільність та водність снігового покриву. На території України у зимовий сезон залежно від особливостей циркуляції атмосфери іноді відмічається дуже сильний снігопад (кількість опадів 20 мм і більше за 12 год та менше), який відносять до стихійного метеорологічного явища [9].

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження сучасних особливостей формування сильних снігопадів на станції Броди АМСЦ з 2011 по 2020 рр. Проведено аналіз синоптичних умов, які формують сильні снігопади в районі аеропорту Броди.

В якості вихідного матеріалу в роботі використані дані з телеграм METAR сайту метеорологічного сервісу гр. 5 [14], дані архіву АРМсін, щоденники погоди за вказаний період, щодо випадків зі снігопадами на ст. Броди АМСЦ. База даних Wetterzentrale [13], щодо виявлення основного типу синоптичних процесів, які у більшості випадків обумовлюють формування сильних снігопадів, здійснений аналіз щоденних приземних карт і карт баричної топографії за період з січня 2011 по грудень 2020 років в строк спостереження 00.00 UTC.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к. геогр. н., доц. Агайар Е. В.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АМСЦ БРОДИ

1.1 Фізико-географічний опис АМСЦ Броди

На південь від міста Львів знаходиться Львівське плато (рис. 1.1). Львівське плато – підвищена горбиста місцевість у центральній частині Львівської області, розташована на крайньому північному заході Подільської височини, у межах міста Львова та його південних і південно-східних околиць [2]. З півночі та північного заходу плато прилягає до долини річки Полтви, що протікає у північній та центральній частинах Львова, з північного сходу обривається стрімким уступом (заввишки до 100 м) до рівнини Малого Полісся. Південна межа плато проходить по лінії сіл Милошовичі – Кугаїв – Товщів – Черепин – Шоломия, південніше якої

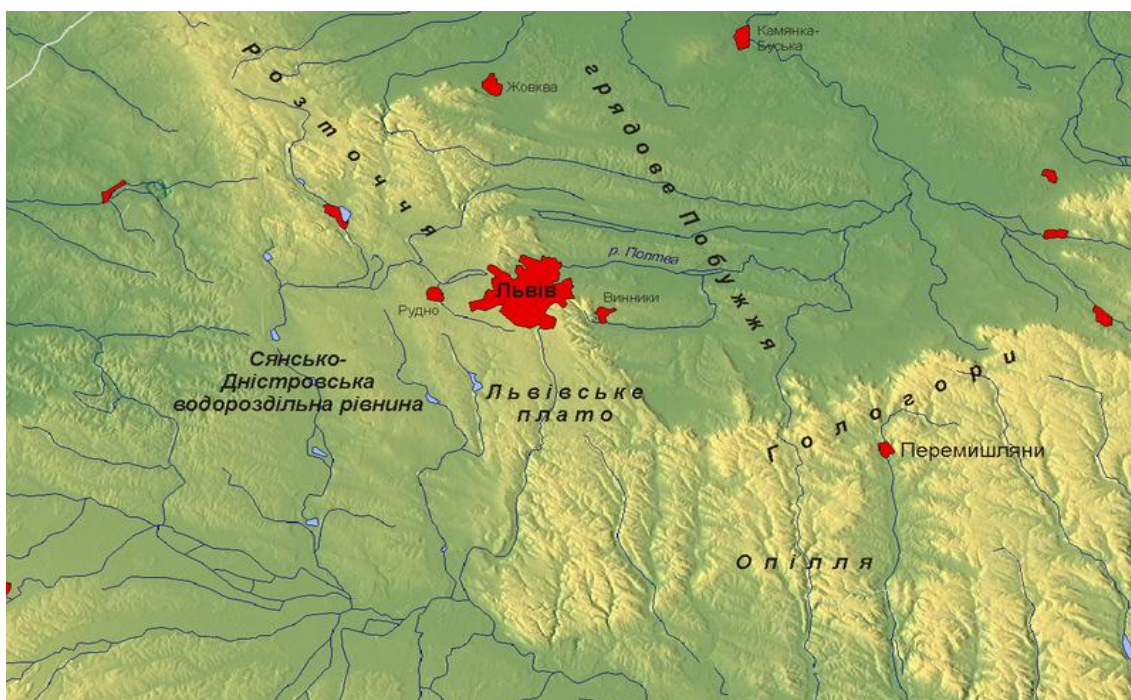


Рисунок 1.1 – Орографічна карта Львівської області

починається Опілля (зокрема Львівське Опілля). Західна межа плато прилягає до долини верхів'їв річки Щирки. Довжина плато близько 20 км. Милошовичі – Кугаїв – Товщів – Черепин – Шоломия, південніше якої починається Опілля (зокрема Львівське Опілля). Західна межа плато прилягає до долини верхів'їв річки Щирки. Довжина плато близько 20 км. Переважні висоти 300-350 м, максимальна – 414 м (гора Чотові Скелі). Схили плато розчленовані притоками річок Зубри (басейн Дністра) і Полтви (басейн Західного Бугу). Львівським плато (південною частиною Львова) проходить Головний європейський вододіл. У межах плато переважають орні землі, подекуди є лісові масиви, найбільший з яких – Винниківський лісопарк, що на південно-східних околицях Львова.

На північний-схід від Львова розташоване Грядове Побужжя – південно-західна частина Надбужанської котловини (частина Малого Полісся). Характеризується наявністю ряду підвищень у вигляді пологих гряд (пасом), які простягаються із заходу на схід (більшість з них – паралельно одне до одного). Грядове Побужжя є відносно низинною областю, обмеженою досить урвистим уступом від Розточчя, Львівського плато і (частково) Львівського Опілля. Абсолютні висоти не перевищують 284 м, а довжина гряд – від 6 до 10 км. Таких гряд виділяють сім. Гряди чергуються з широкими долинами і поступово опускаються в їхній бік. Долинами протікають річки: Ременівка (Думний Потік), Капелівка, Полтва та інші (всі – притоки Західного Бугу).

На південному сході від Львова розташовані Гологори. Гологори – низькогірне пасмо на північному заході Подільської височини, частина Гологоро-Кременецького кряжу. Довжина Гологорів 45 км, ширина – близько 10 км. Простягаються від міста Бібрки (Перемишлянський район) до села Плугова (Золочівський район). Максимальні висоти зосереджені в західній та центральній частинах, найвища гора – Камула (471 м). Пасмо має асиметричну форму [3]. Поверхню Гологорів розчленовують притоки Західного Бугу та Дністра, тобто, по ньому проходить Головний

європейський вододіл. На заході та південному заході Гологори межують з Львівським Опіллям. Львівське Опілля – назва однієї з частин Опілля (частина Подільської височини). Розташоване на південь від Львова, в межиріччі Щирки (за іншими даними Верещиці) та Бібрки. Переважні висоти 310-380 м (максимальна 405 м). Тут багато лісів (особливо в межиріччі Зубри та Давидівки), переважно дубових та дубово-грабових. Львівське Опілля поділене лівими притоками Дністра (річками: Зубра, Колодниця, Суходілка, Давидівка, Бібрка) на поздовжні гряди (Давидівська, Бібрська та інші), які простягаються з півночі на південь.

На захід та південний захід від Львова розташована Сянсько-Дністровська вододільна рівнина – хвиляста рівнина у межах Львівської області. Рівнина складається з Яворівської (Надсянської) улоговини (абсолютні висоти 230-250 м) і Сянсько-Дністровської височини (заввишки до 340 м). Рельєф полого-хвилястий. Глибина розчленування поверхні 10-30 м. Складається з піщано-глинистих та суглинисто-піщаних відкладів та лісів. У межах рівнини – численні ріки та ставки. Найпоширеніші місцевості: рівнинні слабодреновані та заболочені на водно-льодовикових відкладах, вкриті сосново-буковими лісами і терасні з опідзоленими ґрунтами на лесових та піщаних породах.

На півночі та північному заході розташоване Розточчя – звужене горбисте пасмо 15-20 км завширшки і до 400 м завдовжки, яке простягається у напрямі з південного сходу від Львова на північний захід до Томашова, Щєбрешина і Красьника (Польща). Над прилеглими рівнинами – Надсянською низовиною на південному-заході і Надбужанською котловиною на північному-сході. Розточчя підноситься на 100-150 м; на північному заході воно з'єднується з Холмською і Люблінською височинами. На даній території переважають ґрунти світло-сірі та сірі лісові, у зниженнях – дерново-підзолисті, місцями дерново-глейові. На Розточчі ліс становить 40 %, орна земля 30 % всієї площі [3].

На південному-заході від Львова на відстані 100км знаходяться гори Карпати, які мають великий вплив на клімат аеродрому Львів. На протязі року тут переважають повітряні маси з Чорного моря та Атлантики. При таких повітряних масах в Прикарпатті накопичується волога, чим і пояснюється високий відсоток відносної вологості в місячному і добовому розрізі. Накопичення вологи сприяє тривалому збереженню низької хмарності, яка часто переходить у туман.

Район аеродрому Броді знаходиться в п'яти кілометрах на північ від м. Броди. Висота аеродрому над рівнем моря 232 м, магнітне схилення $+3^{\circ}$. Напрямок злітно-посадочної смуги $258-78^{\circ}$.

Територія аеродрому знаходиться в межах населених пунктів Горохів, Теслугів, Кременець, Почаїв, Звижень, Олесько, Радехів. У 40 км на південний схід від аеродрому Броді розташоване Пельчанське плато з максимальним перевищенням відносно ЗПС $+96$ м. На схід від аеродрому на відстані 30 км розташовані Кременецькі гори із напрямом хребта з північного сходу на південний захід. Максимальне перевищення гір відносно ЗПС $+208$ м (22 км на південь від аеродрому). У 120 км на південній захід від АМСЦ Броді починається передгір'я Карпат висота яких складає 942 м. На захід від аеродрому місцевість рівнинна.

1.2 Кліматична характеристика аеродрому Броди

Клімат Бродівського району помірно-континентальний, який характеризується невеликими коливаннями температур, відсутністю сильних морозів, значною кількістю опадів, досить високою вологістю повітря і відносно невеликою кількістю ясних безхмарних днів. Літо помірно тепле, без посух. Зима м'яка [12]. Середньорічна температура $+7,5^{\circ}$, середньорічна кількість опадів за даними метеостанції "Броди" – 746 мм, максимальна

кількість опадів випадає в травні-липні. Через район проходить Великий Європейський вододіл між басейнами Балтійського і Чорного морів. У Бродівському районі беруть початок притоки Дніпра – річки Стир та Іква і Дністра – річка Серет. Згідно довідки авіаційно-кліматичного опису аеродрому Броди використані дані метеорологічних спостережень авіаційної метеорологічної станції аеродрому Броди військової частини за 2011 - 2020 роки.

Згідно з отриманими даними середня температура повітря змінювалася від 20,8 °С у липні до - 2,8 °С в січні. Середня максимальна температура спостерігалася також у липні - 26,3 °С, а середня мінімальна -13,8 °С у січні (рис.1.2).

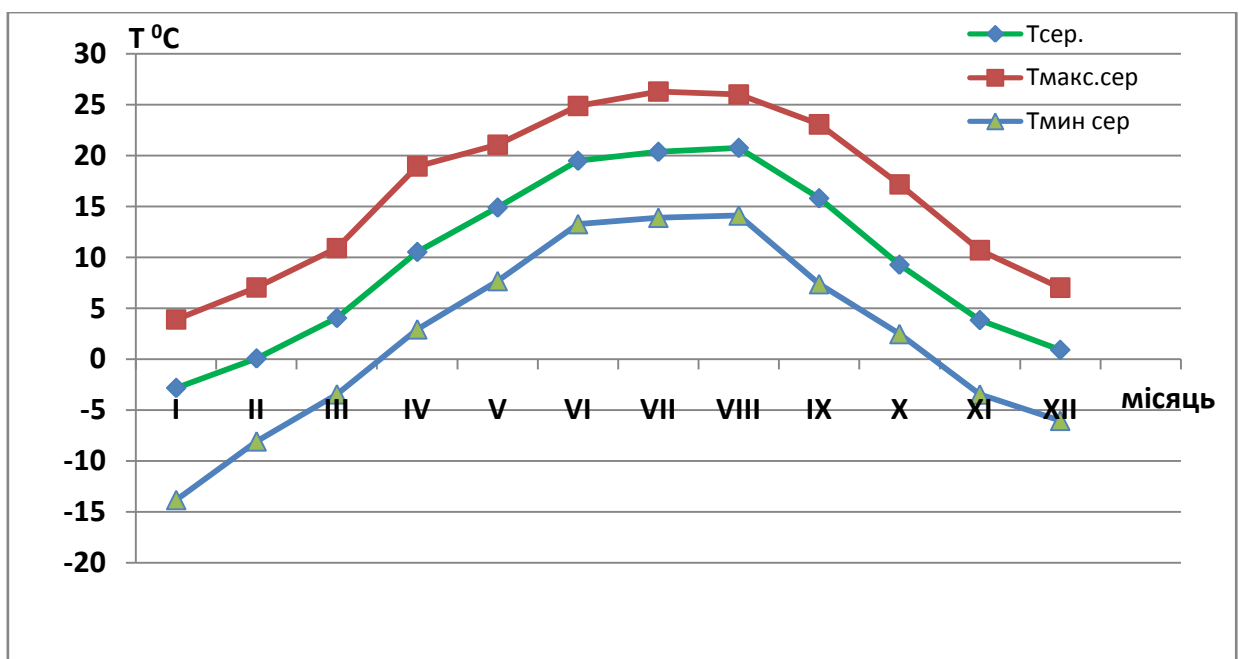


Рисунок 1.2 – Середня місячна, максимальна та мінімальна температура повітря (°C) на АМСЦ Броді

За багаторічними даними в районі аеродрому Броди переважає слабкий вітер. Середньорічна швидкість вітру складає 3,9 м/с. Спостерігається згладжений річний хід значень швидкості вітру, амплітуда середньомісячних

значень не перевищує 0,8 м/с, з мінімумом в серпні - 3,3 м/с і максимумом в квітні та листопаді - 4,4 м/с. Максимальні швидкості вітру фіксувалися в зимовий період (18-20 м/с) і травні-червні (18 м/с) (рис.1.3).

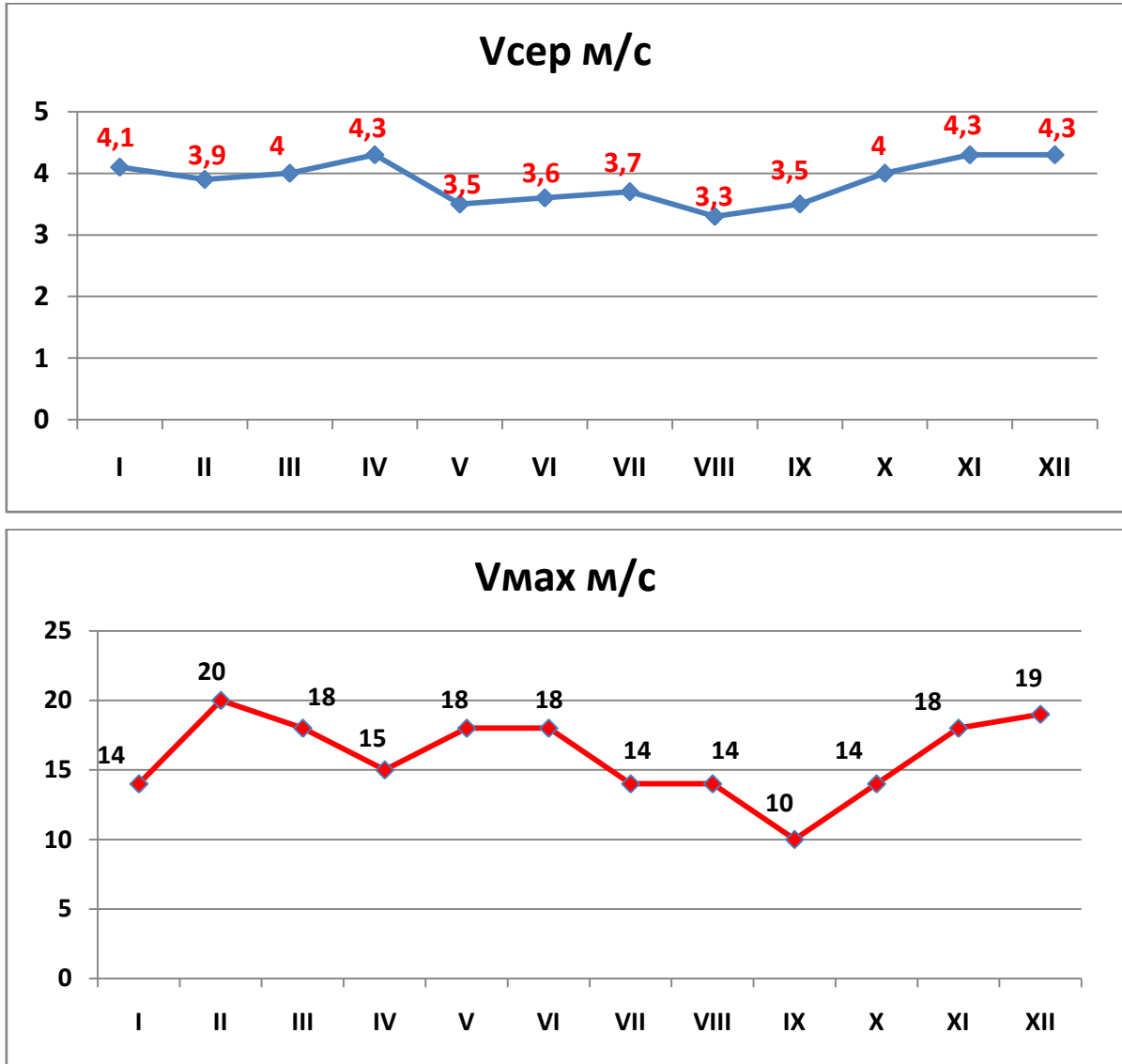


Рисунок 1.3 – Середня та максимальна швидкість вітру на АМСЦ Броді

Переважаючими напрямками вітру в районі АМСЦ Броди є південно-західне - повторюваність 15,1 %, західне і північно-західне – по 13,4%. Найменше спостерігається вітер з північною та східною складовими - 3,2 і 4,6 %, відповідно. Також досить часто на аеродромі відзначається штиль - 21,5 % (рис. 1.4).

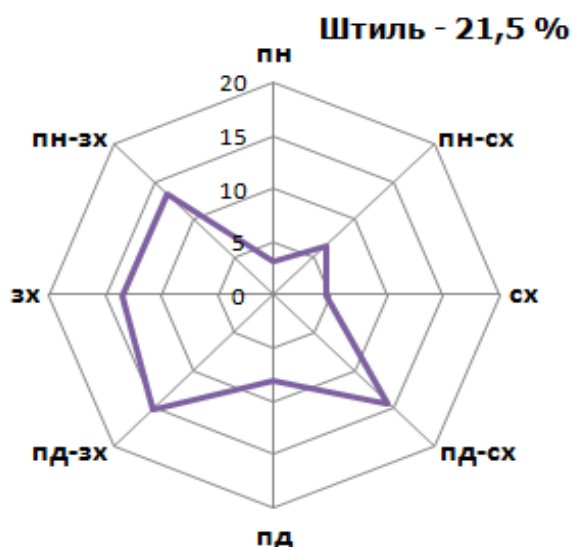


Рисунок 1.4 – Повторюваність (%) напрямку вітру на АМСЦ Броді

Вологість повітря на метеостанції АМСЦ Броді досить висока. Середня річна відносна вологість повітря становить 76 %. Теплий період сухіший за холодний. Найвища середня відносна вологість повітря у грудні – 88 %, найнижча у травні та червні – 68-67 % (рис. 1.5).

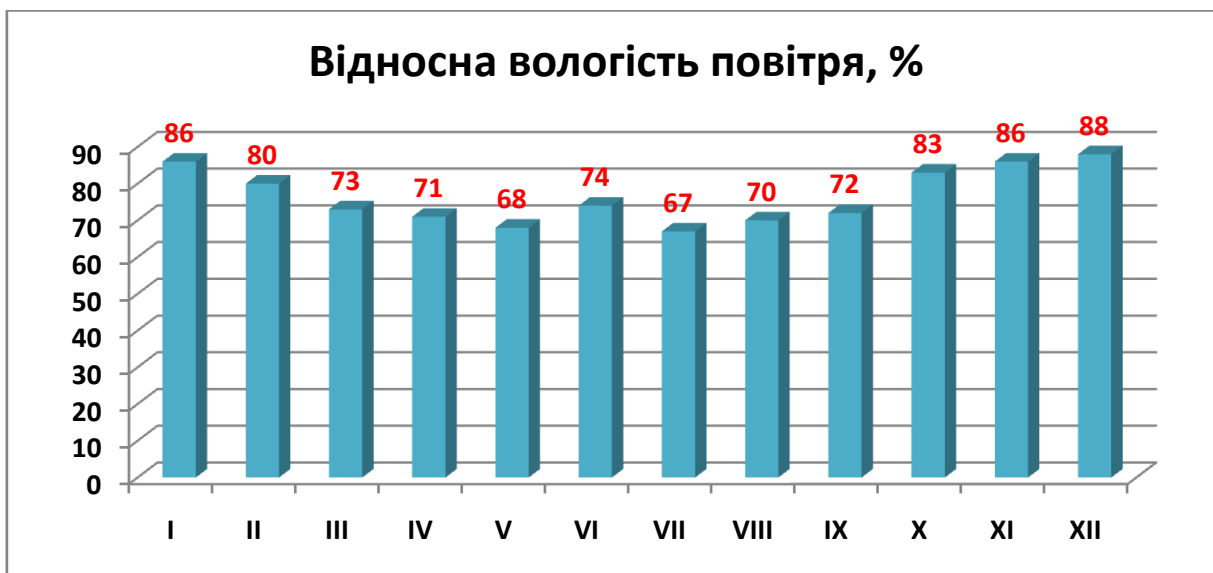


Рисунок 1.5 – Середня місячна вологість повітря (%) на АМСЦ Броді

Середня річна кількість днів становить 44,9. Максимальна кількість днів з опадами відмічається у холодний період - у грудні-січні 63,2 і 67,7 днів,

відповідно. Мінімальна кількість днів з опадами на станції АМСЦ Броди відзначається в липні -27,1 (рис. 1.6).

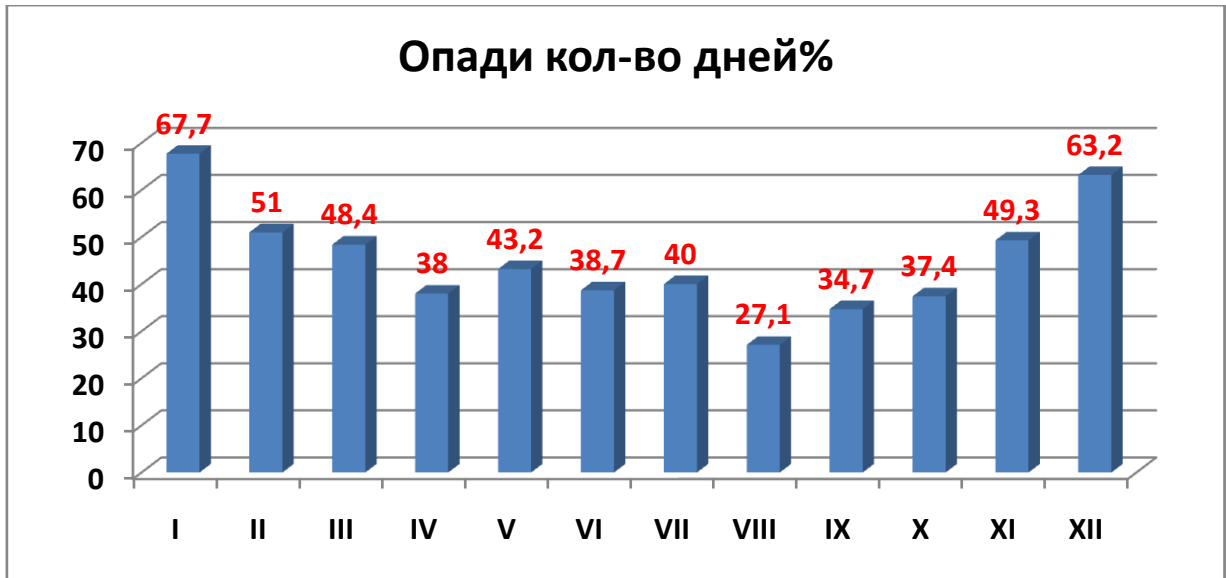


Рисунок 1.6 – Число днів із різною кількістю опадів на АМСЦ Броді

Середня річна кількість опадів становить 44 мм. Найбільш дощовим місяцем є травень – 120,2 мм. Найменша кількість опадів припадає на лютий – 13,9 мм (рис.1.7).

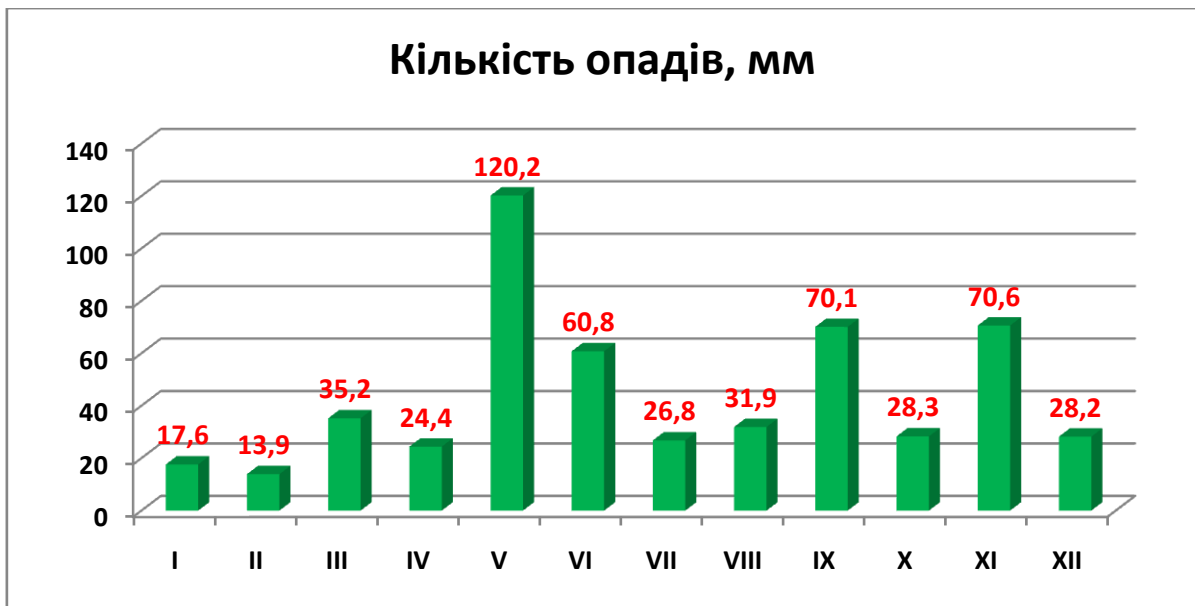


Рисунок 1.7 – Середня місячна кількість опадів (мм) на АМСЦ Броді

Грози в основному спостерігаються на АМСЦ Броді з березня по жовтень. Максимальна кількість грозових днів (7,4) спостерігалось у травні, мінімальна у березні-0,2 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Середня кількість днів з різними метеорологічними явищами на АМСЦ Броді

Середня кількість днів з грозою												
Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кількість днів	-	-	0.2	1.4	7.4	7.2	5.8	3.4	0.4	0.6	-	-
Середня кількість днів з туманом												
Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кількість днів	2.4	1.8	2.6	3	1.8	1.4	1.8	1.2	3.2	5	5.2	2.4
Середня кількість днів з хуртовиною												
Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кількість днів	2.8	1.6	2	-	-	-	-	-	-	-	0.4	3
Середня кількість днів з ожеледицею												
Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кількість днів	1	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
Максимальна глибина снігу, см.												
Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимальна глибина снігу, см	27	37	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6

Туман в районі аеродрому Броді відзначається цілий рік, з максимумом в холодний період – листопад (5.2 дня) та березень (3 дня). Найбільша повторюваність хуртовин на станції АМСЦ Броді відзначається грудні і січні. Найбільша кількість днів з ожеледицею спостерігається в січні, а максимальна кількість снігу відзначається в перші місяці зими і становить 27 і 37 см відповідно.

Небезпечні явища погоди на аеродромі Броди спостерігаються у різні пори року. Осінньо-зимовий період є найбільш складним в льотно-метеорологічному відношенні через те, що відмічається максимальне число випадків з висотою хмарності і видимістю нижче мінімуму, велика повторюваність опадів, туманів, серпанків, ожеледі, обмерзання. Частіше всього обмерзання відмічається в хмарах нижче 3-4 км, однак може бути і під хмарами в зоні переохолоджених опадів.

Найбільш складні погодні умови, які виключають можливість проведення польотів формуються при південно-східному синоптичному процесі та при південно-західному, коли виходять середземноморські циклони. Інтенсивні снігопади пов'язані з північно-західним типом циркуляції та з виходом південних циклонів.

Прості метеорологічні умови частіше всього спостерігаються в антициклональному та у малоградієнтному баричних полях

Випадки зіткнень літаків з птахами спостерігаються на протязі цілого року, але частіше в періоди осінньої міграції, оскільки основна кількість зіткнень припадає на зліт, посадку, політ по колу, то основна робота повинна бути направлена на розробку і проведення заходів в районі аеродромів. Інтенсивний приліт основної маси птахів спостерігається цілодобово з посиленням в ранішні та вечірні години та послабленням в середині дня та ночі на висотах до 3000 м. Весняно-літній сезон за ступенем складності орнітологічних умов можна розділити на два періоди: Ранньо - літній період починається з моменту прильоту основної маси птахів. Цей період відносно спокійний в орнітологічному відношенні. Польоти птахів в цей час проходять вдень на висотах до 50 м. Пізньо - літній період починається з моменту вильоту пташенят і закінчується початком осінньої міграції. В цей час проходить різке збільшення кількості молодих птахів, багато з яких об'єднуються у великі зграї. При спостереженні за птахами в польоті визначаються висота та напрямок перельоту, розміри зграй та окремих

2 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛЬНИХ СНІГОПАДІВ В РАЙОНІ АЕРОПОРТУ БРОДИ

2.1 Загальні відомості о формуванні снігопадів на Україні

Однією з важливих характеристик зимового сезону є снігопад, який впливає на утворення, інтенсивність, тривалість залягання, щільність та водність снігового покриву. На території України у зимовий сезон залежно від особливостей циркуляції атмосфери іноді відмічається дуже сильний снігопад (кількість опадів 20 мм і більше за 12 год та менше), який відносять до стихійного метеорологічного явища. Інколи він буває весною і восени.

Сильні снігопади виникають у меридіальній зоні Дніпропетровськ-Суми внаслідок стаціонавання області низького тиску над Чорним морем та блокуючих процесів (10%) під час активації циклону над заходом Сибіру, а також проходження із заходу холодного фронту із хвильовими збуреннями або на теплих фронтах (10%).

Сильний снігопад ускладнює експлуатацію автомобільного та залізничного транспорту через налипання мокрого снігу відбувається обрив проводів ліній зв'язку та ЛЕП, пошкоджуються крони дерев, порушується ритм робіт на будівельних об'єктах та функціонування комунального господарства. Пізні снігопади можуть затримувати посівні роботи. Снігопади сприяють зростанню снігового покриву, який може збільшуватись на 20-30 см, у горах – до 40 см і більше і спричиняють підйом рівня води у річках до водосховищ, а також ґрунтових вод. Тривалі сильні снігопади ще більше посилюють небезпеку.

Дуже сильні снігопади в Україні випадають щорічно у тій чи іншій області [4, 6, 9].

На території України сильні снігопади мають різну частоту. Найбільша їх кількість (62 випадки) спостерігалась на території АР Крим, дещо менше - у Закарпатській (40 випадків) та в Івано-Франківській (30 випадків) областях. У більшості областей їх кількість змінюється від 1 до 4 випадків.

За розглянутий період дуже сильні снігопади зареєстровано у 323 пунктах. У середньому щорічно вони бувають у 16 пунктах. У 1999 та 2003 рр. снігопади поширились на значну територію і відмічались відповідно у 38 та 39 пунктах, у 1987 р. - у 28, а в 2001 р. - 25 пунктах.

В окремі роки уже сильні снігопади мають локальний характер і залежно від особливостей синоптичних процесів охоплюють будь-яку частину України (північ, південь, захід, схід або гори), області, району. У середньому кожний рік вони бувають у 6 областях. Найбільшу їх кількість зафіксовано у 2005 р., коли снігопади відмічалися на території 13 областей. Охоплені були - північні (Чернігівська, Сумська), західні (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, Хмельницька, Вінницька), східні (Харківська, Донецька) центральна (Дніпропетровська) області та АР Крим.

Особливо сильний снігопад відмічався 23-24 листопада 1999 р. на заході і сході країни (Львівська, Хмельницька, Харківська, Дніпропетровська, Донецька області)

Такий снігопад формувався внаслідок складної синоптичної ситуації. З 21 листопада висотне баричне поле сприяло розвитку південних циклонів. 22 листопада у приземному шарі припиняється адвекція арктичного повітря у тилівій частині висотного циклону над Варшавою і розпочинається на північ Скандинавії двостороння адвекція тепла, циклон у стадії максимального розвитку перемістився на територію України. Як наслідок цього процесу у Львівській, Харківській, Дніпропетровській, Донецькій областях склалися умови для дуже сильних снігопадів, кількість опадів становила 21-45 мм. У 2001 р. такі снігопади охоплювали значну територію на Заході (Львівську, Івано-Франківську, Тернопільську, Закарпатську, Чернівецьку області), півночі (Київську область), півдні (Запорізьку область) та АР Крим [5, 9].

У 2004 р. снігопади спостерігалися на території 11 областей: на заході (Івано-Франківська, Закарпатська) ,у центрі (Черкаська, Кіровоградська), на сході (Луганська,Донецька), та півдні (Одеська,Запорізька,Миколаївська, Херсонська і АР Крим).

У 1993 , 1994 рр. дуже сильні снігопади зафіксовано лише на території однієї області (відповідно Закарпатської та Дніпропетровської).

У більшості випадків (83%) сильні снігопади водночас охоплюють одну область , у 11% випадків –дві і рідко (3%)- 3-4 області,як це було 17-18 січня 1986 р. (Харківська,Луганська,Запорізька і АР Крим).

Погоду України у цей час визначала передня частина висотної холодної улоговини, спрямованої від циклону над Кольським півостровом на східні райони Балкан. Циклон повільно переміщувався у північно-східному напрямі ,поступово заповнюючись. У його тилівій частині на північний захід України поширювалось арктичне повітря з території Балтики та Скандинавії. Активне винесення теплого повітря у передні частині циклону і надходження холодного повітря у його тилівій частині сприяло істотній активізації процесу циклогенесу і поглибленню циклона,спричиняючи сильні снігопади,з коливанням опадів у межах 25-60 мм. Сильні снігопади також спостерігалися 16 лютого 1990р. на території Чернігівської ,Сумської ,Черкаської областей та АР Крим.

Умови для утворення дуже сильних снігопадів виникають у період із жовтня до квітня. З найбільшою частотою (23%) вони бувають у січні,а з майже однаковою частотою (13-17%) – у листопаді –грудні ,лютому – березні. В Українських Карпатах снігопади можливі навіть у травні і вересні.

Так, 7-8 травня 1989 р. снігопади спостерігались як на північно-східних (Пожежевська, ,Яремча), так і на південно-західних схилах,(Рахів). Вони тривали відповідно 20,1; 16,3;9,6 год і за цей час випало 58,56,21 мм опадів. У районі метеорологічної станції Пожежевська снігопади відмічались також 27-28 травня 1991 р. У період з 5 до 7 вересня 1992р. тут під час сильних снігопадів щоденно випадало понад 20 мм, а 7 вересня 29мм опадів [5, 9].

У жовтні сильних снігопади спостерігалися лише в Українських Карпатах (Пожежевська) 31 жовтня 1998 р. та в Кримських горах (Ай-Петрі) 25-26 жовтня 1991 р. і 29-30 жовтня жовтня 2002 р. У 1998,1995 рр. дуже сильні снігопади були у зимові місяці (грудень-лютий), а також у березні. У 1999 р. вони відмічались протягом шести місяців (січень-квітень)

На рівнинній території найбільша тривалість сильного снігопаду (19,2 год) відмічалась у Київській області 26-27 квітня 1987 р, коли випало 35 мм опадів. Трохи меншою вона була у Черкаській області (Черкаси-17,4 год) 16 лютого 1990р. кількість опадів становить 28мм та в Миколаївській області (Вознесенськ -15,5 год) 27-28 грудня 1995 р.-27 мм.

Дуже сильні снігопади у більшості випадків (44%) спостерігаються протягом одного дня ,дещо менше (40%)-двох. Один раз у 10 років (9%) дуже сильні снігопади тривають три дні ,інколи (1%) 4-5 днів та більше.

Під час дуже сильного снігопаду випадає різна кількість опадів. З найбільшою повторюваністю (46%) бувають опади кількістю 21-25 мм Кількість опадів більше 50мм становить 6%. Така їх кількість під час дуже сильного снігопаду спостерігалась в Українських Карпатах і на території Київської області, а в Кримських горах вона досягала понад 100 мм. Максимальну кількість опадів (131 мм) зафіксовано під час дуже сильного снігопаду тривалістю 19,4 год було зафіксовано 1415 лютого 1997р. у Кримських горах (Ай-Петрі). Дещо менше (133мм) їх було 31 січня -1 лютого 1988р. в АР Крим (Многоріччя). Цей снігопад тривав 22 год. На території Київської області (агрометпостТомашівка) 26-27 квітня 1987р. максимальна кількість опадів досягла 74 мм. В Українських Карпатах (Івано-Франківська область) 7-8 травня 1989 р. під час дуже сильного снігопаду максимальна кількість опадів становила 58 мм, а його тривалість довівнювала 20,1 год.

Найбільшого впливу дуже сильних снігопадів зазнають АР Крим, а також Закарпатська та Івано-Франківська області ,де вони бувають майже щорічно. Один раз на 3 роки вони спостерігаються у Харківській, Черкаській, Дніпропетровській, Одеській та Запорізькій областях (по 30%) [5, 9].

Найменша повторюваність дуже сильних снігопадів (один раз за 20 років) у Волинській, Рівненській, Житомирській та Тернопільській областях. Таким чином дуже сильний снігопад поряд з іншими стихійними метеорологічними явищами характеризується значною мінливістю як у часі, так і у просторі.

У деяких областях є райони, в яких найчастіше реєструють дуже сильні снігопади: у Чернігівській – Щорс; Київській – Київ, Яготин; Львівській – Львів; Хмельницький – Кам'янець-Подільський; Черкаській – Озірна, Чигирин, Чигиринський р-н; Івано-Франківський – Івано-Франківськ, Коломия, Яремча, Пожежевська; Дніпропетровській – Дніпропетровськ, Чаплине, Лошкарівка, Нікополь; Донецькій – Дебальцеве, Волноваха; Закарпатській – Нижні Ворота, Нижній Студений, Плай, Хуст, Міжгір'я. Запорізькій – Запоріжжя, Кирилівка.

Отже, наприкінці ХХ ст. на початку ХХІ ст. спостерігається тенденція до збільшення повторюваності дуже сильних снігопадів [5, 9].

2.2 Повторюваність снігопадів на АМСЦ Броди. 2011-2020 рр.

Для аналізу повторюваності снігопадів різної інтенсивності в районі аеродрому Броди Львівської області за період з 2011 по 2020 роки були використані дані щоденників погоди по станції АМСЦ Броди, штормові попередження отримані за допомогою інтерактивної бази даних АРМсін 3.0. та дані телеграм METAR [14]. Всього на станції АМСЦ Броди за досліджуваний період відзначалося 108 епізодів з снігопадом різної інтенсивності та тривалості (Дод. А, табл. А.1) за досліджуваний період.

Найбільша кількість снігопадів в на станції АМСЦ Броди зазначалося в січні - 40 випадків, найменше в листопаді-6 епізодів випадання снігу. Варто відзначити, що регулярно фіксувалися снігопади на початку весни в березні - 12 випадків за десять років (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Кількість випадків снігопаду на ст. АМСЦ Броди.
2011-2020 рр.

Найбільш тривалі у часі за досліджуваній період снігопади також спостерігалися в зимові місяці: в січні - 204 години, в грудні - 137 годин, а в лютому - 77 годин. Тривалість снігопаду добре корелюється з його інтенсивністю. Так, в січні-лютому в районі аеродрому Броди кількість опадів, що випали у вигляді снігу за останнє десятиліття склало близько 111-112 мм. Можна відзначити і весняний місяць березень, як період з досить великою інтенсивністю снігопаду - 79 мм (рис. 2.2).

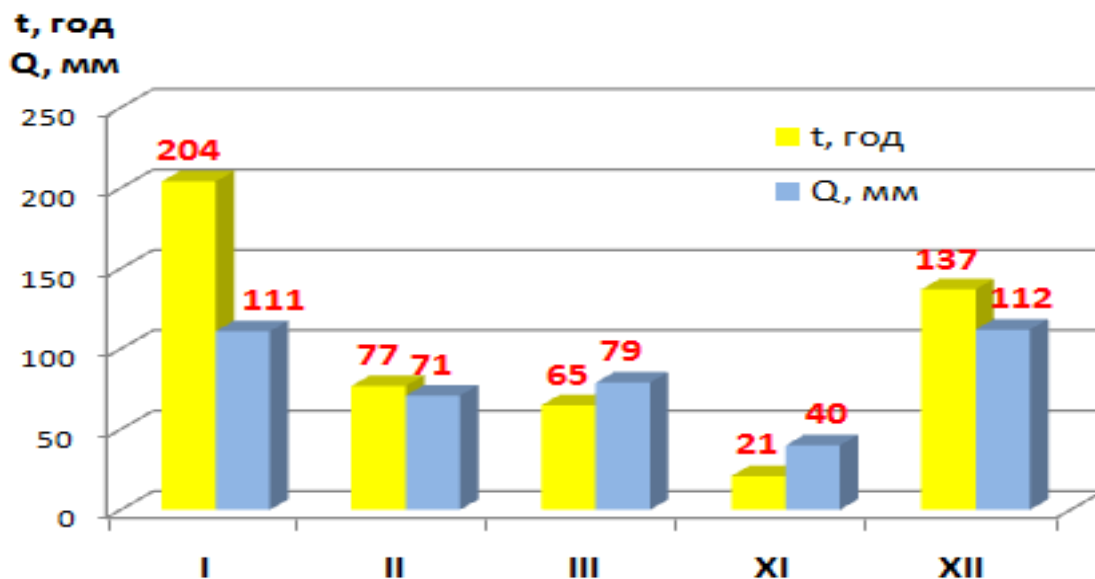


Рисунок 2.2 – Середньомісячна тривалість (год) та кількості опадів (мм)
на ст. АМСЦ Броди. 2011-2020 рр.

Середня температура повітря і температура точки роси в дні з снігопадами змінювалися від $-8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T) і $-9,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T) в січні до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Td) і $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Td) в грудні. Тобто при великому насиченні повітря вологою, про що свідчать дефіцити температури точки роси. Варто відзначити, що снігопади відзначалися і при досить низьких температура повітря. Так 6 січня 2017 року з 07.30-14.00 за місцевим часом спостерігався снігопад в районі АМСЦ Броди при температурі повітря $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Td= $-19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1-2 березня 2018 року випадіння снігу зафіксовано при температурі $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Td = $22,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). При цьому інтенсивність таких снігопадів не велика - від 1 до 4 мм/12 ч. Снігопади, які перевищують критерії небезпечних метеорологічних явищ, в основному спостерігалися при температурі повітря від -1 до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.2.4). При цьому дефіцити точки роси змінювалися в незначних межах від $0,1$ до $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, що свідчить про високу відносну вологість повітря протягом періоду випадіння сильного снігопаду.

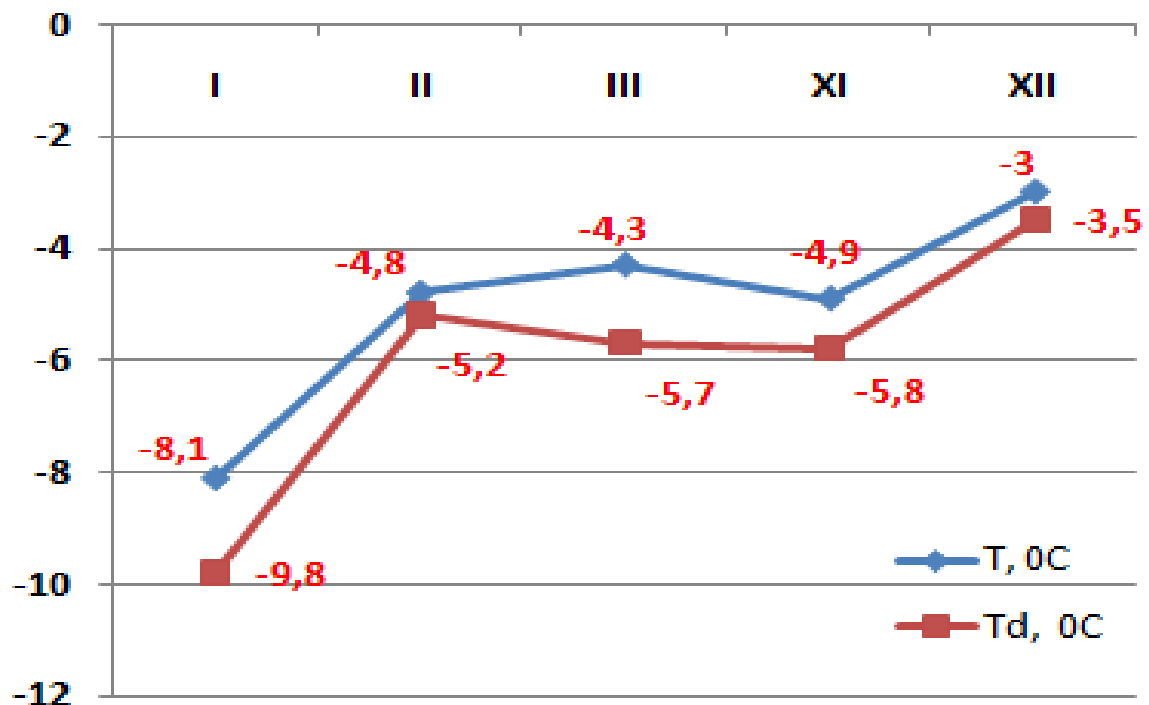


Рисунок 2.3 – Середня температура повітря і температура точки роси ($^{\circ}\text{C}$) в дні з снігопадами.

Діаграма розподілу снігопадів в районі АМСЦ Броди в період з 2011 по 2020 роки показує, що основну частку складають слабкі снігопади - 80 % від всій спостереженої кількості випадків. Значний сніг (НМЯ I) відзначався у 18 %, а сильний і надзвичайний сніг в 1% випадків, відповідно (рис. 2.4).

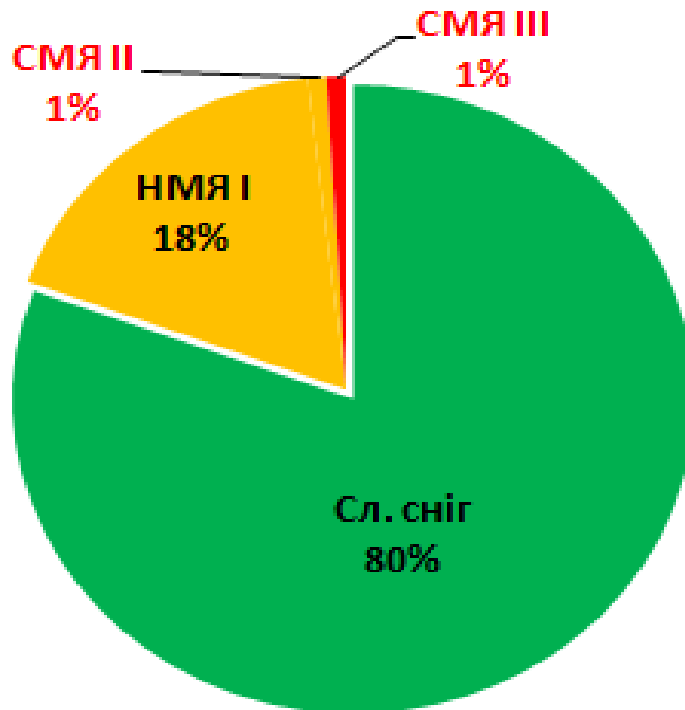


Рисунок 2.4 – Розподіл снігопадів за інтенсивністю на ст. АМСЦ Броди. 2011-2020 рр.

Отже, на АМСЦ Броди найбільш тривалі снігопади за період 2011 по 2020 рр. спостерігалися в січні при середній температурі повітря: - 8,1 °С. Снігопади, які перевищували критерії НМЯ I відзначалися в усі місяці холодного періоду при температурі повітря від -1 до -5 °С, та високої відносної вологості повітря ($D = 0,1-0,6$ °С).

3 ОСОБЛИВОСТІ АТМОСФЕРНОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ НА ЛЬВІВЩИНІ ПРИ ВИПАДАННІ СИЛЬНИХ СНІГОПАДІВ 2011-2020 РР

3.1 Характеристика баричного поля, що сприяє виникненню сильних снігопадів у районі дослідження

Встановлено [9], що з 90-х років ХХ ст. в Україні спостерігається тенденція до зростання повторюваності та інтенсивності конвективних явищ погоди. Зростає також частота та інтенсивність сильних опадів: дощів та снігопадів, збільшується внесок сильних дощів у суму опадів теплого періоду та, відповідно, річну суму. У холодний період спостерігається збільшення частоти налипання мокрого снігу та складних відкладень, що значною мірою зумовлено підвищенням температури та зміною циркуляційних механізмів в Північній півкулі і переважанням меридіонального типу циркуляції в останні десятиліття.

Сильні снігопади, зазвичай, пов'язані з виходом на територію України південних і південно-західних циклонів (50%) із Середземного моря, а також західних (10%) і північно-західних циклонів із Західної Європи. За таких умов дуже сильні снігопади бувають в Українських Карпатах і західних областях [4]. Рідко (10%) їх формування спричиняють фронти, що переміщуються в улоговинах "пірнаючих" циклонів і у штормовій зоні між циклонами над Чорним морем і антициклоном над європейською частиною Росії. Типові синоптичні ситуації які сприяють формуванню таких умов в районі станції АМСЦ Броди представлені на рис. 3.1- 3.3.

На теплих фронтах у системі західного циклону (65 %), снігопади найактивніше виникають впродовж всього зимового періоду (рис.3.1). Така ситуація формується при наявності потужного антициклону над північною Європою та активною циклонічною областю над територією Західної,

Південної та Центральної Європи (рис.3.1). На холодному фронті з хвилями, який проходить з південного-заходу, снігопади можуть спостерігатися цілу добу (рис.3.2). На вершинах цих хвиль виникають локальні циклони, що значно погіршує погодні умови в районі аеродрому.

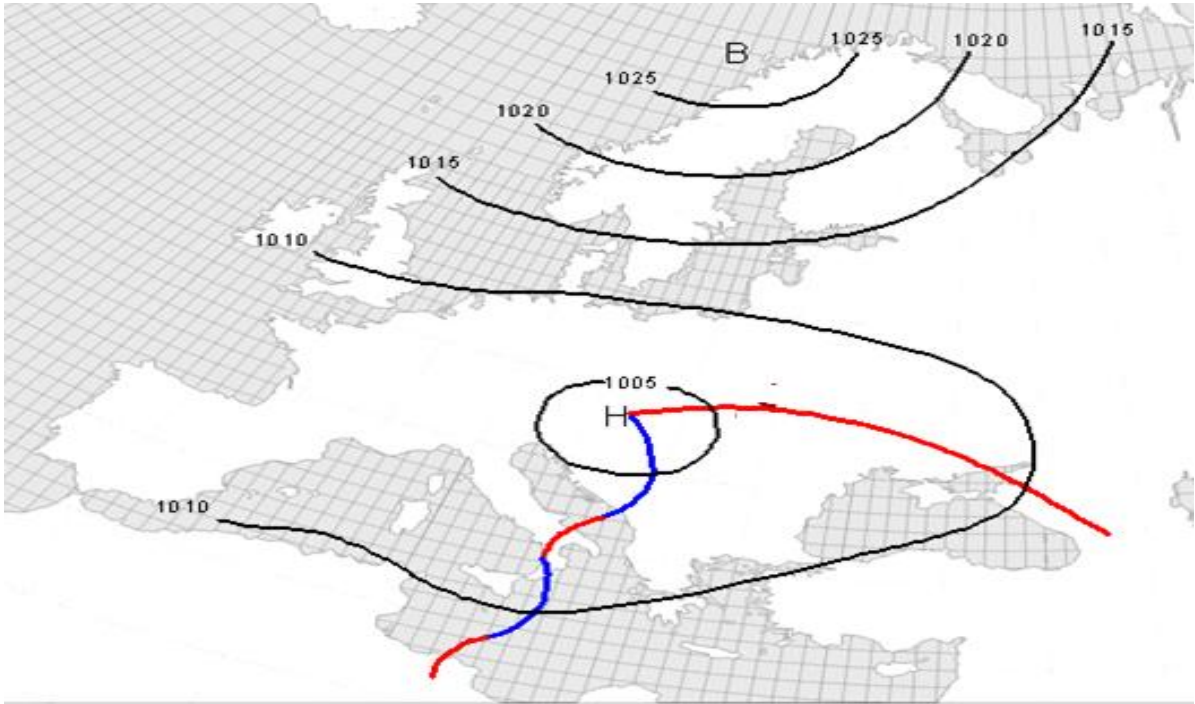


Рисунок 3.1 – Західний циклон

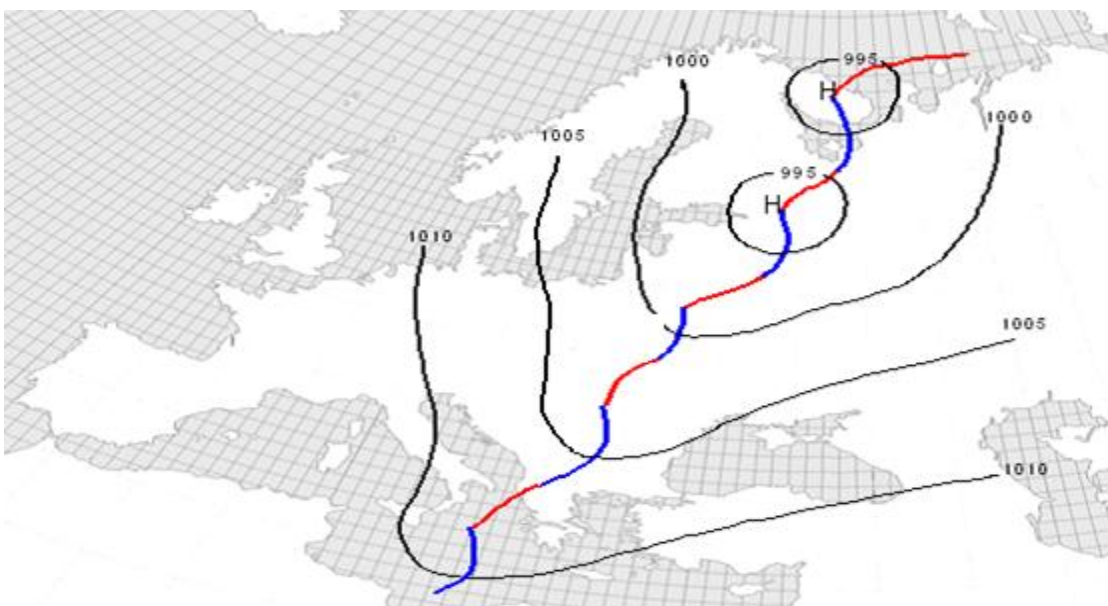


Рисунок 3.2 – Пірнаючий циклон з хвилями

Повторюваність цього типу складає 10-11 днів на місяць. При південно-західних потоках помірного і тропічного повітря спостерігається малохмарна погода. При вході з південного заходу полярно-фронтівих циклонів спостерігається шарувато-дощова хмарність та хмарність купчастих форм з нижнім краєм 600-1000 м, а в Дністровській долині 1000-1500 м.

Також інтенсивні та тривалі снігопади утворюються при виході південних циклонів із Середземного моря, коли над Західною Європою розміщується обширний блокуючий антициклон (рис. 3.3).

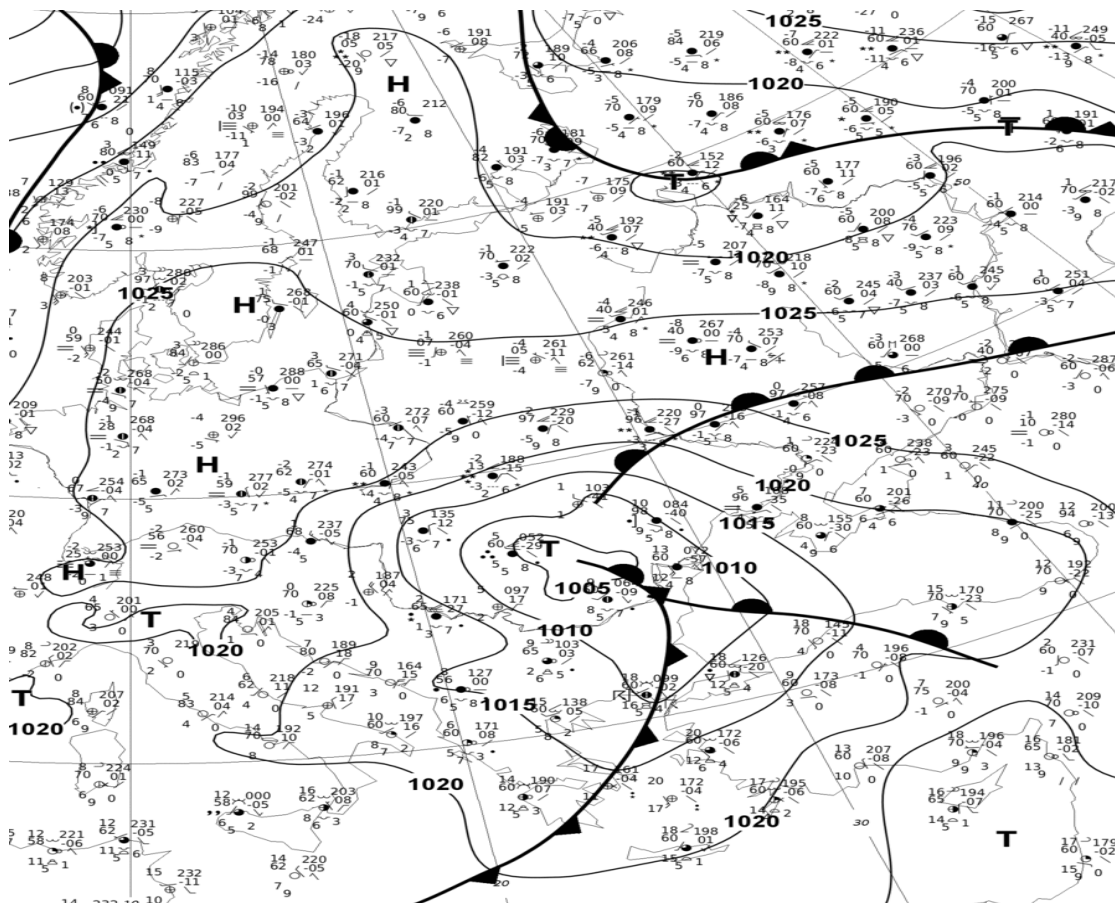


Рисунок 3.3 – Південний циклон

При такій синоптичній ситуації утворюється низька шарувата хмарність при адвекції теплого та вологого повітря на відносно холодну підстиляючу поверхню, що також погіршує видимість на аеродромі.

3.2 Синоптичні і термодинамічні умови виникнення сильного снігопаду на АМСЦ Броди 12-13 листопада 2016 р.

Надзвичайний сніг був зафіксований в районі АМСЦ Броди 12-13 листопада з 00.06 до 18.00 за місцевим часом. Інтенсивність опадів склала 30 мм\12 год, що відповідає критерію стихійного метеорологічного явища третьої червоної категорії (СМЯ ІІІ).

9-14 листопада погоду на території України ускладнювала серія південних циклонів, які переміщувалися із заходу Чорного моря на північний схід України (9-11 листопада) та з Балкан через центральні області в район Волгограда (12-14.11.2016 р.) (рис. 3.4).

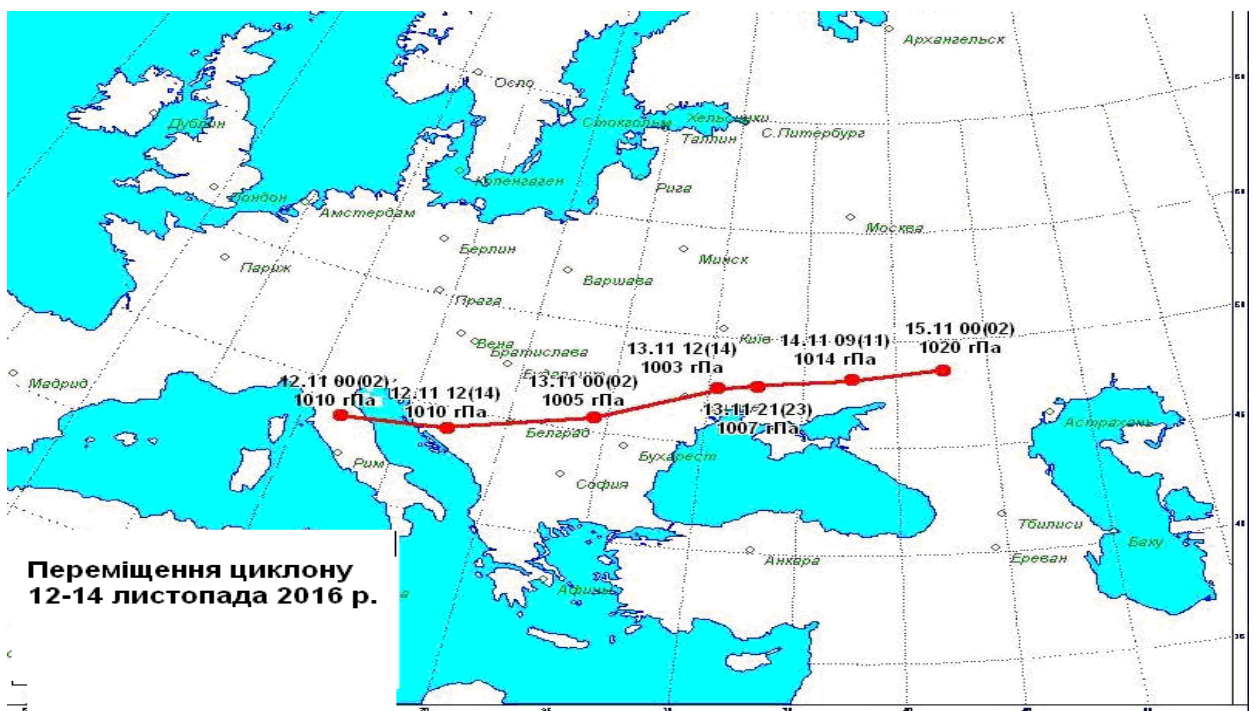


Рисунок 3.4 – Траєкторія зміщення циклону

На більшій частині території відмічалися складні погодні умови: 9-11 листопада проходили невеликі та помірні дощі, у північних областях з

мокрим снігом, у південно-східній половині місцями сильні дощі з грозами, температура, починаючи із заходу, знизилася вночі до 4° тепла - 3° морозу, вдень до 1-9° тепла. Вдень 12 листопада опади почалися в карпатському регіоні, а до кінця доби поширилися на всі західні, Вінницьку і Житомирську області. Впродовж 13-14 листопада зона опадів охопила всю територію країни. 12-14 листопада у північній половині випадав помірний і сильний сніг, 12-13 листопада у західних, більшості північних і Львівській областях місцями дуже сильний сніг (20-30 мм за 6-12 годин), спостерігалось налипання мокрого снігу, на Хмельниччині локально сильне налипання мокрого снігу (м. Нова Ушиця діаметром 47 мм і тривалістю 42 години) та сильна хуртовина (м. Ямпіль тривалістю 16 годин за максимальної швидкості вітру 20 м/с), внаслідок чого ускладнювався рух транспорту, завдано збитків органам енергетики та комунального господарства; температура знизилася вночі до 1-5° морозу, в Карпатах до 10° морозу, вдень до 2° морозу - 3° тепла; у південній половині проходили дощі, 14 листопада з мокрим снігом, температура була вночі та вдень 1-6° тепла. В Україні, крім північної частини, відмічалися пориви вітру 15-20 м/с.

Починаючи з ночі 14 листопада в західних та подекуди південних областях відбувалося поступове припинення опадів, а під кінець доби 14 листопада вони припинилися на більшій частині території. Опади у вигляді снігу випадали переважно у західних і північних областях, дощу - у більшості південних, східних, Дніпропетровській та Кіровоградській областях, мокрого снігу з дощем - на решті території. У західних, північних, Вінницькій, місцями Черкаській, Полтавській і Харківській областях утворився сніговий покрив висотою 1-40 см, на високогір'ї Карпат 41-55 мм. Переміщення циклону також супроводжувалося посиленням вітру до 15-20 м/с.

За даними карти АТ-700 вночі 11 листопада в обширній улоговині циклону з центром над північчю Фінляндії, вісь якої була орієнтована із Скандинавії районі Центральної Франції, між Парижем та Берліном

сформувався самостійний циклонічний вихор (геопотенціал в центрі 288 дам). Вдень 12 листопада він змістився на Адріатичне море (геопотенціал в центрі 294 дам), а далі на Балкани та на захід України, впродовж 13-14 листопада циклон ще переміщувався територією України (геопотенціал 292 дам), а вночі 15 листопада вже був за її межами та заповнився (рис.3.5).

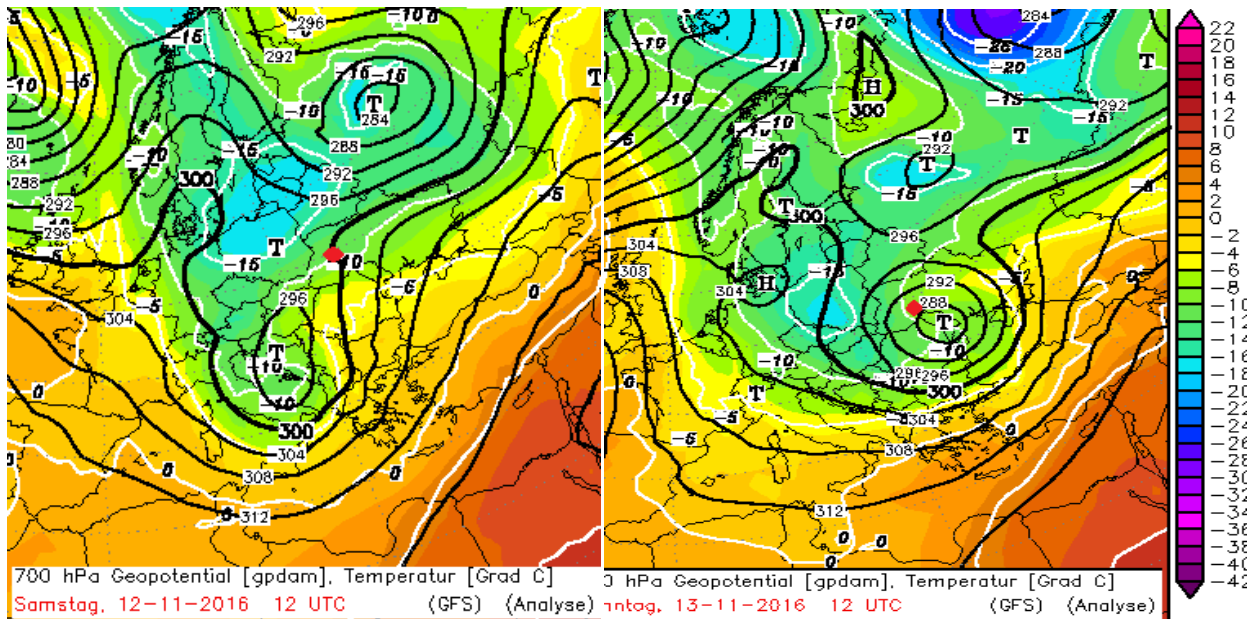


Рисунок 3.5 – Карта АТ-700. 12-13.11.2016 р. 00.00 UTC [13]

За даними карти АТ-850 циклон сформувався вночі 12 листопада (геопотенціал в центрі 141 дам), вдень 13 листопада він окреслювався двома замкнутими ізогісами і поширився на територію України (геопотенціал в центрі 138 дам). Циклон переміщувався повільно, оскільки його блокував баричний гребінь, що пролягав з Кавказу через Лівобережжя України на Білорусь. Впродовж всього періоду з циклоном було пов'язано дві активні фронтальні системи - полярна і арктична. 13 листопада в (00)02 год на більшій частині території України за даними карти АТ-850 температура становила від -2° до $+6^{\circ}$. До 00(02) год 14 листопада, за рахунок переміщення циклону та затоку арктичного повітря, тепло витіснилося на південний схід і вся територія країни опинилася в холодній повітряній масі з температурою $0-9^{\circ}$ морозу (рис.3.6).

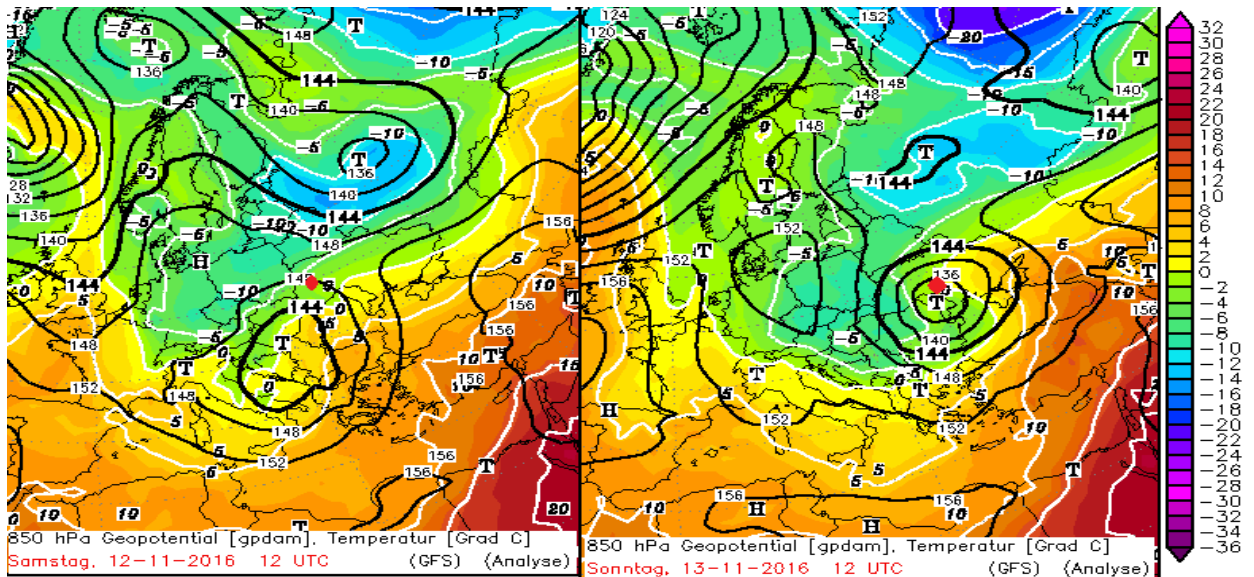


Рисунок 3.6 – Карта АТ-850. 12-13.11.2016 р. 00.00 UTC [13]

Максимальні контрасти температури спостерігались над Україною 13 листопада в 00(02) год та становили на ВТ-500/1000 18 дам/1000 км, на АТ-850 9-11°/500 км. Висотна фронтальна зона розташовувалася широтно та проходила через всю Європу. У висотній фронтальній зоні максимальна швидкість вітру спостерігалася від 12(14) год 12 листопада до 00(02) год 14 листопада і становила: на АТ-850 15-22 м/с, АТ-700 20-25 м/с, АТ-500 20-35 м/с (рис.3.7).

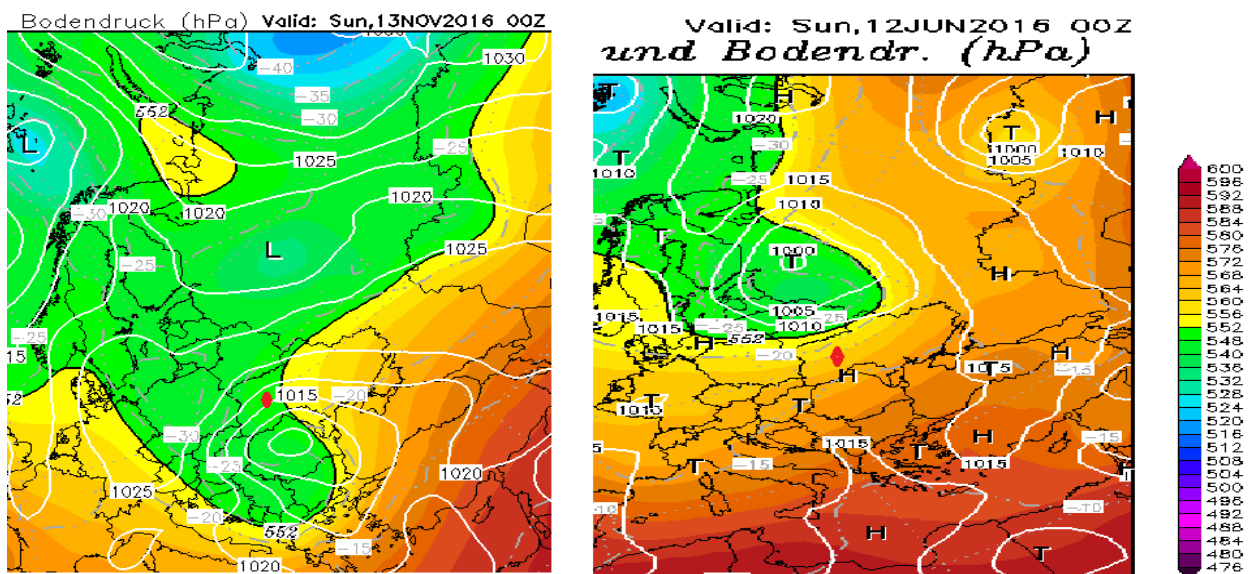


Рисунок 3.7 – Карта АТ-500. 12-13.11.2016 р. 00.00 UTC [13]

Біля поверхні землі циклон утворився на хвилі полярного фронту над північчю Італії 11 листопада о 12(14) год і окреслювався двома замкнутими ізобарами (мінімальний тиск в центрі 1010 гПа). Чіткої ізалобаричної пари не відмічалось. 12 листопада о 12(14) год його центр змістився на східне узбережжя Адріатичного моря. Тиск в центрі не змінився. На 18(20) год циклон перемістився на Болгарію, трохи поглибившись (мінімальний тиск в центрі 1007 гПа), а на 03(05) год 13 листопада він поглибився до 1001 гПа і перемістився на Румунські Карпати (рис.3.8-3.9). На цей час його вплив вже відчувався в Україні. Оподи у вигляді снігу, мокрог снігу і дощу почалися в західних, Вінницькій, Житомирській та Одеській областях. 13 листопада о 12(14) год центр циклону вже був над північчю Одещини (мінімальний тиск 1003 гПа), зона опадів поширилася на західні, центральні, південні та місцями північні області. 14 листопада в 00(02) год центр циклону був над

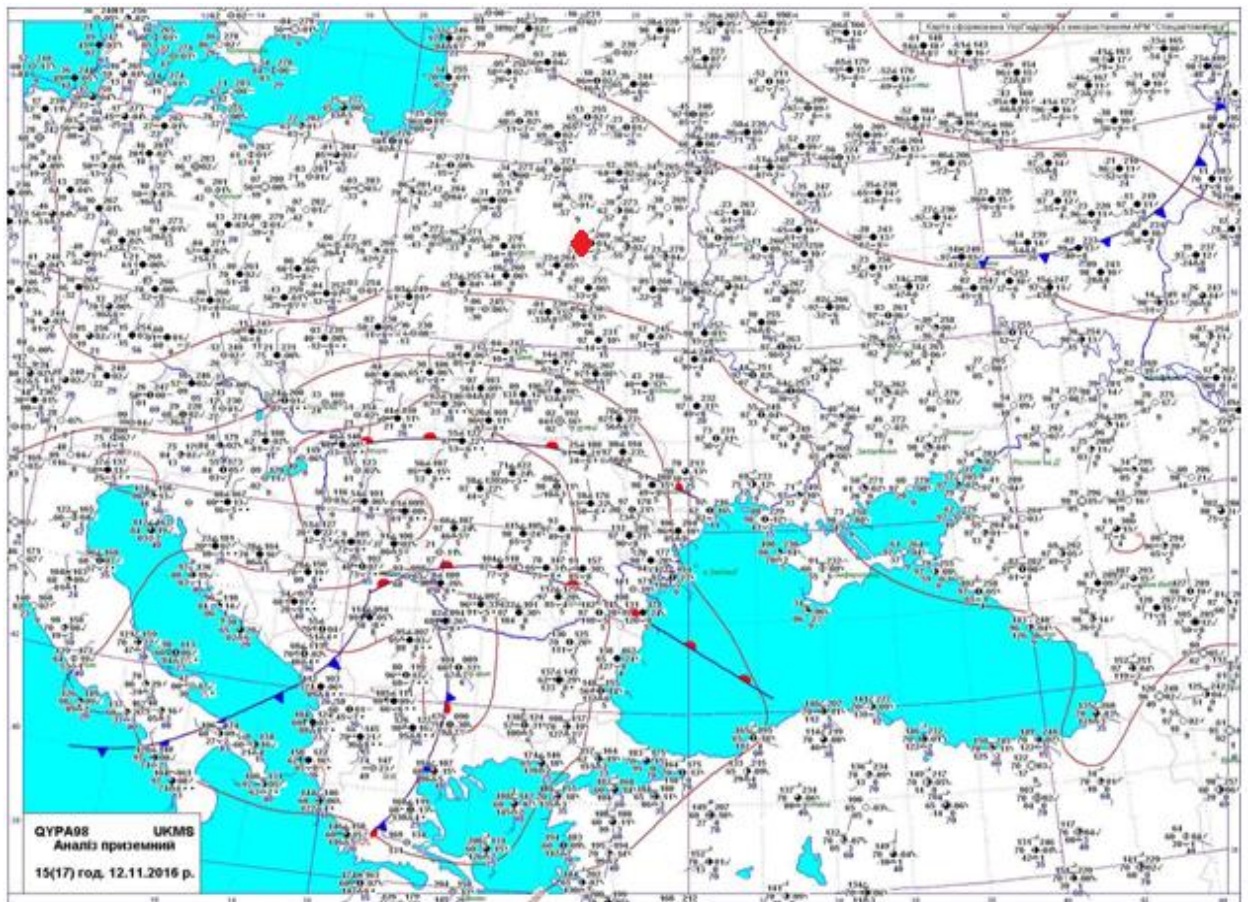


Рисунок 3.8 – Приземний аналіз 12.11.2016. 15.00 UTC

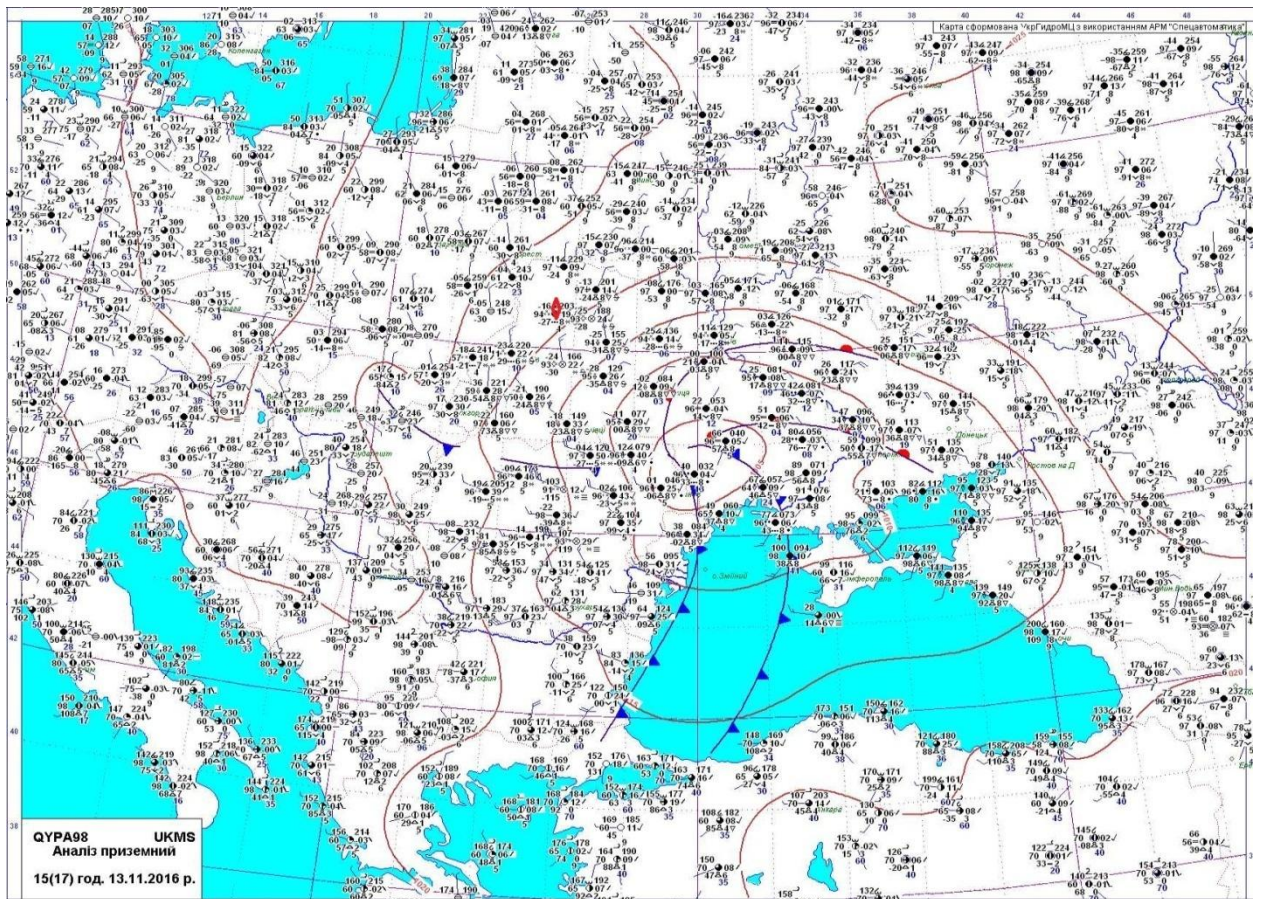


Рисунок 3.9 – Приземний аналіз 13.11.2016. 15.00 UTC

Дніпропетровською областю (мінімальний тиск 1009 гПа). Надалі циклон повільно рухався у північно-східному напрямку, поступово заповнюючись, і ввечері 14 листопада вийшов за межі України. Максимальне падіння атмосферного тиску (5,7 гПа/3 год), відмічалось 13 листопада в 00(02) год, його максимальний ріст (5,0 гПа/3 год) - цього дня о 15(17) год.

В систему циклону входило два фронтальні розділи - арктичний та полярний. 13 листопада вранці тепла ділянка арктичного фронту проходила зі сходу України через її північні області на захід до хвилі над Румунськими Карпатами; далі від хвилі, з Румунії на Болгарію, пролягала холодна ділянка фронту. Оподи на фронті були у вигляді снігу та мокрого снігу, також спостерігалися пориви вітру, хуртовини, ожеледь, налипання мокрого снігу.

Тепла ділянка полярного фронту проходила через південь України, хвиля розташовувалася над кордоном між Молдовою та Румунією, холодна

йшла через Молдову та захід Чорного моря і далі на Босфор. Температура в зоні фронту коливалася від 4 до 13° тепла. Оподи були у вигляді дощу.

За супутниковими даними положення хмарності відповідало положенню фронтів в циклоні (рис.3.10).

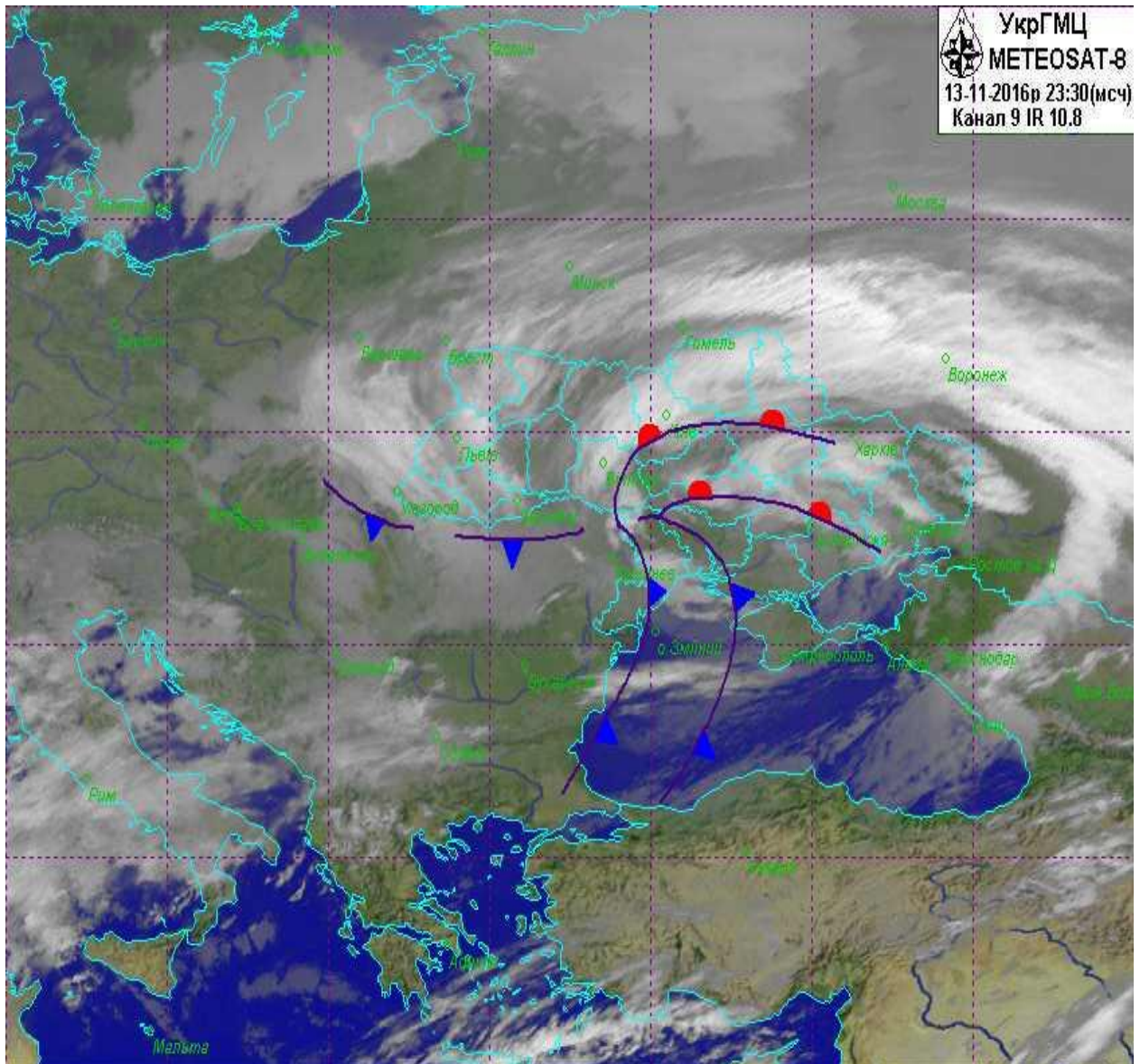


Рисунок 3.10 – Супутниковий знімок 13.11.2016 р.

За даними карти опадів 13 листопада 2016 р на 06.00 зона інтенсивних снігопадів знаходилася над всією територією Західної України. Але найбільш інтенсивний осередок відзначався в районі м. Броди, кількість випавших опадів досягла 30 мм /12 год. (рис. 3.11).

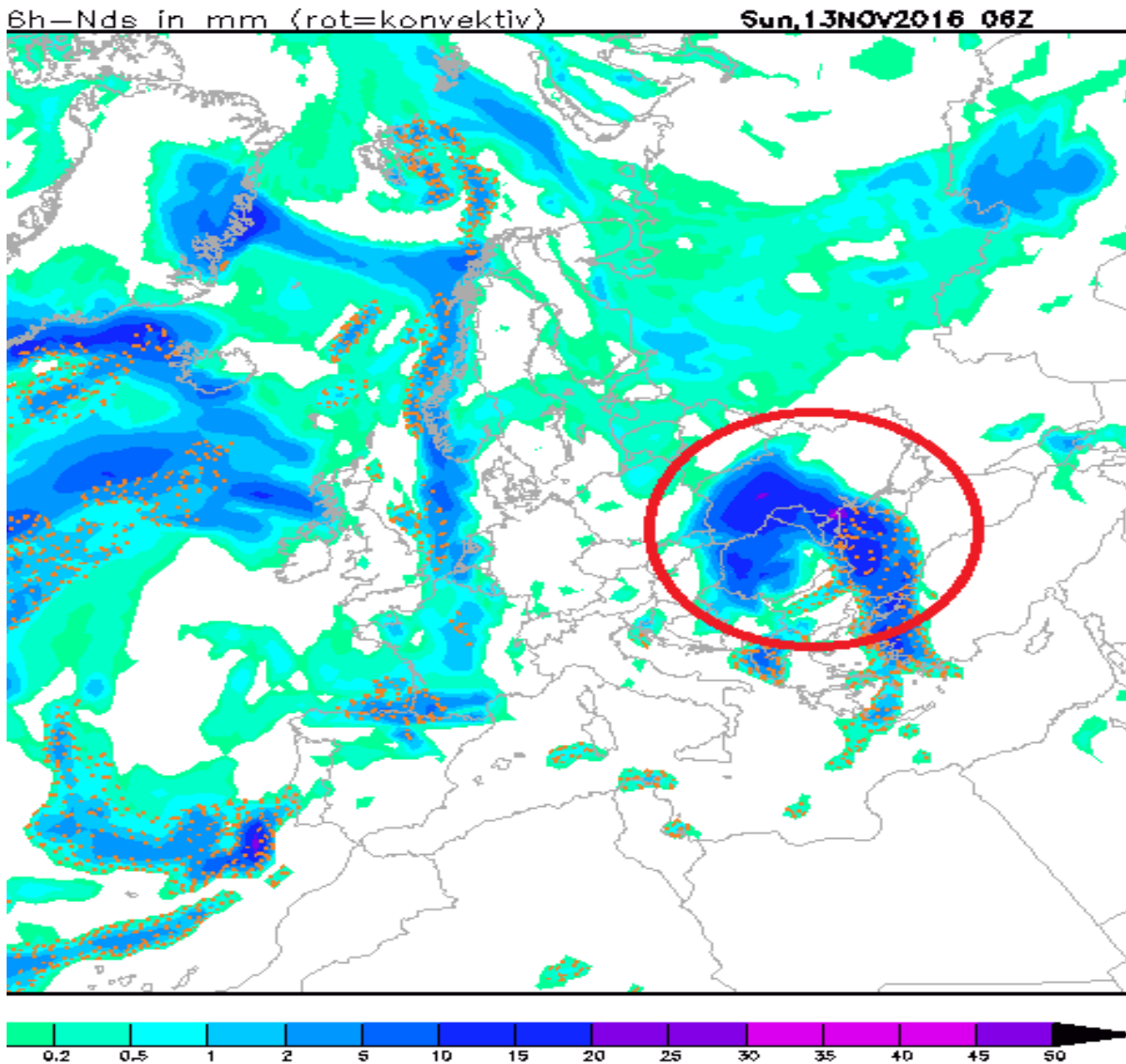


Рисунок 3.11 – Карта опадів 13.11.2016 р. [13]

Вертикальний розподіл термодинамічних параметрів повітряної маси 13 листопада 2016 року у 12.00 UTC за даними моделі ERA5 показують наявність сухобайдужої та вологонестійкої стратифікації повітря в нижньому 3-х кілометровому шарі ($\gamma_a = \gamma > \gamma_{ва}$) [7]. Значення відносної вологості в цьому шарі коливаються від 90 до 100 %, з максимумом у поверхні землі. За даними годографа відзначається стійкий північно-східний потік зі швидкістю 21,3 м/с в шарі 0-3 км, вище 9 км спостерігається правий поворот вітру з висотою (так званий "правий шторм") вітер набуває західний напрямок при зменшенні швидкості вітру до 6,3 м/с (рис.3.12).

ERA5 | lat 50.00 | lon 25.00 | date 2016-11-13 1500 UTC

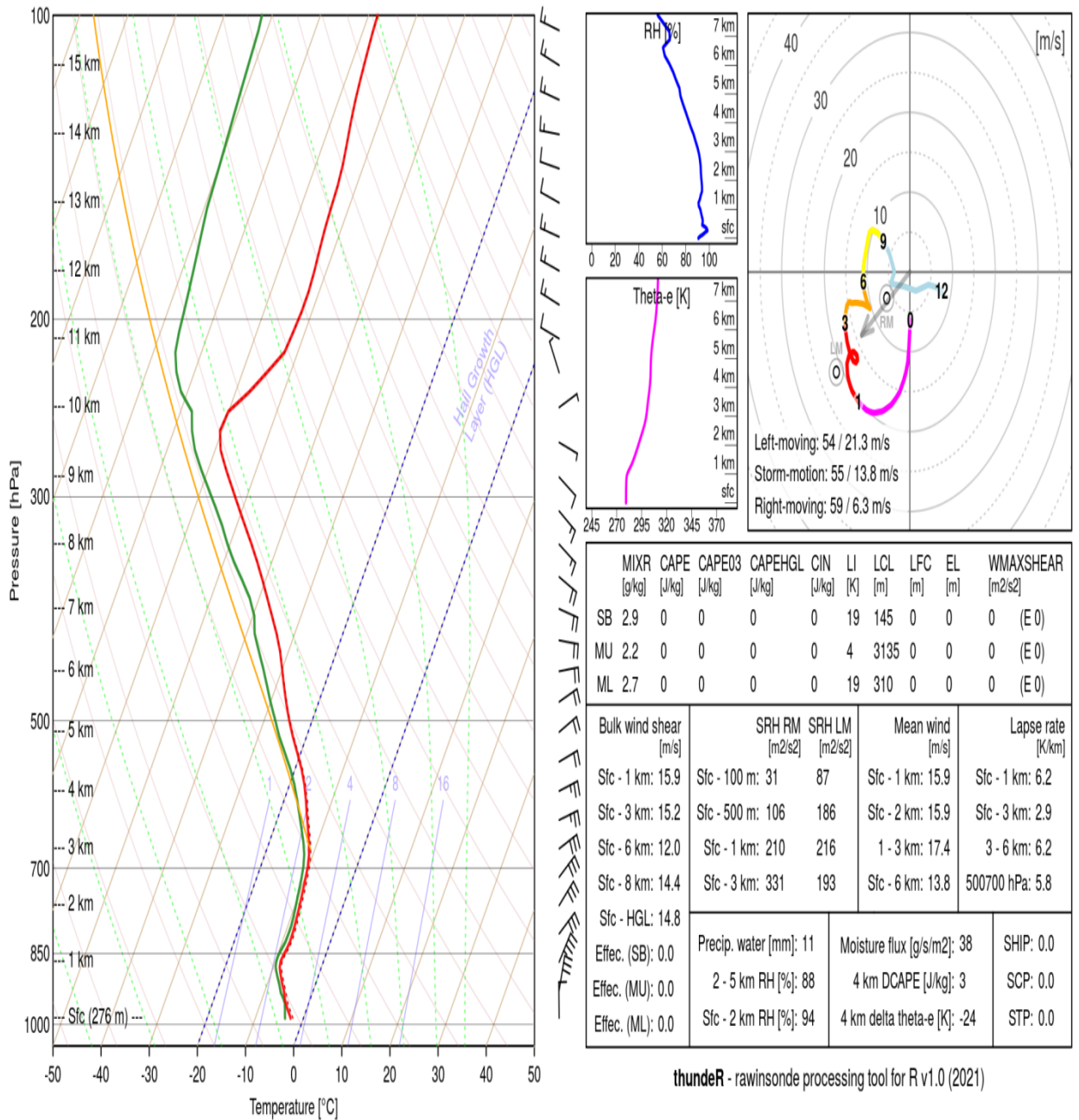


Рисунок 3.12– Аерологічна діаграма і годограф вітру 13.11.2016 р. 15.00 UTC

Отже, причиною надзвичайного снігопаду – СМЯ-III (30 мм/12 год) в районі аеропорту Броди 12-13 листопада 2016 року було проходження теплої ділянки арктичного фронту, пов'язаного з південним циклоном, який переміщувався з Балкан через центральні області України та завдав значних збитків в роботі авіатранспорту.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра отримані наступні результати:

1. Найбільша кількість снігопадів в на станції АМСЦ Броди у період з 2011 по 2020 рр. зазначалося у січні - 40 випадків, найменша у листопаді – 6 випадків. Варто відзначити, що регулярно фіксувалися снігопади на початку весни у березні - 12 випадків за десять років.

2. Особливо тривалі у часі та інтенсивні снігопади також спостерігалися у січні - 204 години.

3. Визначено, що снігопади, які перевищують критерії небезпечних метеорологічних явищ, в основному відзначалися при температурі повітря від -1 до -5 °С.

4. Отримано, що на АМСЦ Броди в період з 2011 по 2020 роки переважали слабкі снігопади - 80 % від всій кількості спостережень. Значний сніг (НМЯ I) відзначався у 18 %, а на градацію сильний і надзвичайний сніг доводилося по 1% випадків.

5. Виявлені найбільш ймовірні атмосферні процеси, які сприяють утворенню сильних та надзвичайних снігопадів на ст. АМСЦ Броди.

6. Утворення надзвичайного снігопаду, якій досяг критеріїв СМЯ-III (30 мм/12 год) в районі аеропорту Броди 12-13 листопада 2016 року відбулося внаслідок проходження теплої ділянки арктичного фронту, пов'язаного з південним циклоном, який переміщувався з Балкан через центральні області України та завдав значних збитків в роботі авіатранспорту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология: Учебник. Санкт-Петербург. : Гидрометеиздат, 2005. 327 с.
2. Всесвітня географічна енциклопедія. Москва.- «Мир».2006. с.116.
3. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б., Агайар Е.В. Навчальний посібник «Авіаційні прогнози погоди». 2020. 136.
4. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: Підручник./ Одеськ. Держ. Екологічний Університет. Одеса: ТЕС, 2012. 407с.
5. Клімат України / За редакцією Ліпінського В. М. Дячук В. А. Бабіченко В. М. Київ «Видавництво Раєвського».- 2003. с. 171.
6. Лаврушина А.С., Агайар Е.В. Синоптичні та метеорологічні умови утворення хуртовин на Україні // Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 288-289.
7. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. Л. Гидрометеиздат, 1984. 751 с.
8. Правила метеорологічного забезпечення авіації. Київ: 2015.
9. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.). За редакцією В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Укр. науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Державна гідрометеорологічна служба. Київ. Ніка-Центр. 2006. 312 с.
10. Paul J. Kocin, Louis W. Uccellini 2004. Northeast Snowstorms\ Meteorological Monographs. V. 32. P. 821.
11. Steenburgh, W. J., et al. 2000. "Climatology of Lake-Effect Snowstorms of the Great Salt Lake." Monthly Weather Review, 128(3): 709-727.
12. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/6328/reports/e2a7PmAd1o.pdf>
13. URL: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?>
14. URL: <http://rp5.ua/> Погода в мире (дата звернення 10.12.2020 р.).
15. URL: http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/RE27709.html

Додаток А

Таблиця А.1- Повторюваність снігопадів на станції АМСЦ Броди. 2011-2020 рр.

Дата	Час	Градація явища				Т, °С	Td, °С
		Слабкий сніг	НМЯ I рівня	СМЯ II рівня	СМЯ III рівня		
		< 7 мм	Значний сніг 7-19 мм ≤ 12 год.	Сильний сніг 20-29 мм ≤ 12 год.	Надзвичайний сніг ≥ 30 мм ≤ 12 год.		
12.02.2011	05.00- 08.00	3				-0,8	-4,5
18.02.2011	17.00- 20.00	3				-2,9	-4,2
22.02.2011	17.00- 20.00	3				-8,6	-10,5
25.02.2011	23.00- 02.00	3				-8,5	-11,3
07.03.2011	05.00-	5				-4,0	-6,2

	08.00						
3.12.2011	02.00-08.00		8			-3,8	-4,6
26.12.2011	02.00-08.00		7			-2,1	-3,9
28.12.2011	05.00-08.00	4				-8,2	-9,2
3-4.12.2012	17.00-17.00		9			-2	-2,1
13.12.2012	08.00-14.00	3				-5	-5,5
17-18.12 2012	18.00-17.00	2				-12	-12,3
8-9. 01.2013	06.00-15.00	3				-9	-9,3
19.01.2013	06.00-12.00	4				-10	-10,3
23.01.2013	10.00-13.00		8			-10	-10,2
11.02.2013	08.00-15.00	2				-2	-2,5

19.02.2013	15.00- 16.00	2				-9	-9,0
23.02.2013	10.00- 20.00	3				-2	-2,4
04.03.2013	06.00- 12.00		17			-8	-8,1
09- 10.03.2013	14.00- 11.00	4				-4	-4,3
15.03.2013	11- 17.00			21		-5	-5,1
22.03.2013	9.00- 06.00		12			-5	-5,3
29- 30.03.2013	06- 15.00	5				-4	-4,2
25.11.2013	16.00- 21.00	5				-1	-3,0
17.01.2014	06.00- 12.00		11			-3	-3,4
21.01.2014	10.00- 11.00		8			- 12,4	-14,1

22.01.2014	06.00-10.00	1				-11	-12,1
28.01.2014	12.00-13.00	2				-10	-10,3
25.02.2014	09.00-10.00	2				-1	-1,3
26.12.2014	07.00-17.00	1				-3	-3,1
05.01.2015	06.00-07.00	2				-1	-3,1
03.01.2016	06.00-11.00	1				-16	-16,4
05.01.2016	09.00-16.00	1				-8	-11,1
07.01.2016	12.00-13.00	3				-8	-8,1
10.01.2016	17.00-20.00		15			-0,3	-0,4
17.01.2016	17.30-13.00	4				-13	-13,3

18.01.2016	10.00- 13.30	1				-6	-10,1
19.01.2016	08.30- 12.00	1				-8	-8,5
21- 22.01.2016	12.30- 11.00	1				-7	-7,3
25- 26.01.2016	14.00- 08.00	2				-1	-1,5
21.02.2016	10.00- 11.00	2				-1	-2,6
15.03.2016	06.00- 07.00	4				-1	-1,2
12-13.11. 2016	18.0- 06.0				30 мм		
28.11.2016	07.30- 13.24	2				-1	-2,8
29.11.2016	07.00- 13.00	2				-4	-4,3
01.12.2016	06.00-	5				-1	-1,2

	12.00						
02.12.2016	05.00- 07.00		19			-1	-1,4
06.12.2016	10.00- 11.30	1				-3	-3,3
12.12.2016	12.30- 17.00	5				-4	-4,6
14.12.2016	11.00- 14.00	2				-2	-3,4
04.01.2017	06.00- 14.00	1				-2	-5,4
06.01.2017	07.30- 14.00	1				-17	-19,6
08.01.2017	17.00- 18.00	4				-13	-14,2
10.01.2017	10.00- 12.00	2				-9	-9,5
12.01.2017	11.00-	2				-5	-6,4

	17.00						
14.01.2017	06.00- 12.00		7			-3	-3,7
07- 08.02.2017	06.00- 13.30	5				-13	-13,6
12.02.2017	08.00- 11.00	1				-8	-9,8
19.12.2017	10.30- 11.30	6				-2	-3,1
20.12.2017	06.00- 12.00	5				-2	-3,1
14.01.2018	06.00- 14.30	1				-8	-10,5
04.02.2018	06.00- 11.00		12			-2	-2,2
05.02.2018	07.00- 14.30	1				-7	-9,5
09- 11.02.2018	08.30- 09.30	4				-4	-4,4

14.02.2018	06.00- 17.00	4				-3	-3,6
18.02.2018	06.00- 15.00	1				-1	-2,4
21- 22.02.2018	10.00- 11.30		7			-5	-5,6
24.02.2018	9.50- 10.30	1				-12	-12,3
28.02.2018	06.00- 12.30	2				-12	-16,2
01- 02.03.2018	21.00- 09.00	1				-16	-22,0
20.03.2018	06.00- 12.30		7			-5	-5,7
01.12.2018	03.00- 17.00	3				-9	-9,5
13- 14.12.2018	12.30- 12.00	3				-1	-1,8
17.12.2018	12.00- 18.00	6				-4	-4,8

25.12.2018	08.30- 14.30	2				-3	-4,6
05.01.2019	11.00- 11.30	4				-5	-5,4
06-07.2019	12.30- 10.30	3				-6	-8,7
09.01.2019	07.30- 19.00	2				-11	-11,8
10.01.2019	08.00- 19.00	1				-9	-9,6
11- 12.01.2019	06.00- 09.30	1				-12	-12,8
13.01.2019	06.00- 13.00	1				-1	-3,6
14.01.2019	18.00- 11.30	3				-1	-4,4
21.01.2019	06.00- 08.30	1				-5	-8,4
25- 26.01.2019	09.30- 15.00		8			-8	-8,6

12.03.2019	06.00- 08.30	3				-1	-1,5
24.11.2019	08.30- 12.00	1				-4	-4,5
11.12.2019	15.30- 17.00	5				0	-0,7
28- 29.12.2019	10.30- 07.30	5				-2	-2,8
20.01.2020	07.00- 10.30	1				-1	-2,1
06.02.2020	12.56- 17.00		13			-1	-2,9
02.12.2020	06.00- 14.00	3				-2	-2,7