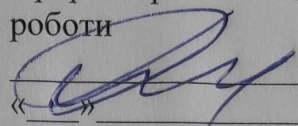


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорології та кліматології

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи

 Хохлов В.М.  
«  »    2020 р.

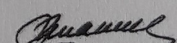
**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ З ДИСЦИПЛІНИ**

Синоптична метеорологія  
спеціальність 103 Науки про Землю  
освітня програма «Організація метеорологічного та геофізичного забезпечення Збройних Сил України»  
інститут, факультет, відділення гідрометеорологічний

Рік навчання III  
Семестр 6  
Тривалість 60 год.  
Форма контролю залік  
Кредит 2

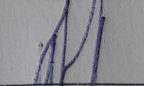
ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення спеціальності  
Протокол від «31» 08 2020 р. № 1

Голова ГЗС  Шакірзанова Ж.Р.

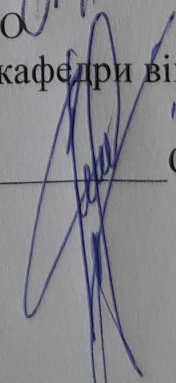
ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри  
метеорології та кліматології  
Протокол від. «28» 08.2020 року № 1

Завідувач кафедри  Прокоф'єв О.М.

УЗГОДЖЕНО

Начальник кафедри військової підготовки

полковник  Олег ГРУШЕВСЬКИЙ

Робоча програма навчальної практики з дисципліни «Синоптична метеорологія» для студентів 3 року навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю», освітня програма «Організація метеорологічного та геофізичного забезпечення Збройних Сил України».

„28” 08. 2020 року, 18 с.

Розробник:

к.геогр.н., доц. Міщенко Н.М

## Вступ

**Метою навчальної практики** є закріплення та поглиблення теоретичних знань та практичних навичок з курсу «Синоптична метеорологія» в роботі з різноплановою сучасною оперативною інформацією.

Після проходження практики студент повинен:

### **Знати**

- Коди КН-01 та КН-04;
- основні принципи складання карт погоди, їх обробку;
- структуру аерологічної діаграми та порядок її обробки;
- характеристики метеорологічних величин та фізичні закономірності розвитку атмосферних процесів;
- будувати різні поля метеорологічних величин та принципи їх аналізу;
- основні великомасштабні процеси, що виникають у атмосфері та ведуть до змін умов погоди у просторі та часі;
- характеристики, класифікації та властивості повітряних мас та атмосферних фронтів. Погодні умови з ними пов'язані.

### **Вміти**

- отримувати та інтерпретувати різнопланову синоптичну та метеорологічну інформацію;
- визначати на картах погоди основні синоптичні об'єкти: повітряні маси, атмосферні фронти, баричні утворення та пов'язані з ними явища погоди;
- проводити фронтологічний аналіз;
- обчислювати характеристики метеорологічних полів за даними об'єктивного аналізу. Робити правильну інтерпретацію отриманих результатів та погодних умов, з ними пов'язаних.

### **Установи в яких є можливість проходити практику здобувачам вищої освіти за спеціальністю – 103 Науки про Землю.**

Практика з дисципліни «Синоптична метеорологія» проходить за адресою: вул.. Львівська 15, ОДЕКУ, Центр прогнозів, каб 718.

Також є можливість вибору здобувачами баз практик, як реалізації їх права на вільний вибір, не менше ніж 25% обсягу освітньої програми.

Методичне забезпечення навчальної практики здійснюється за допомогою методичних вказівок, перелік яких наводиться у списку літературних джерел.

Контроль якості засвоєння знань та набуття практичних навичок здійснюється за кредитно-модульною системою.

## 1. Зміст практики

Зимова навчальна практика за спеціальністю 103 Науки про Землю (VI семестр) з частини «Синоптична метеорологія» складає 60 годин і проводиться в Центрі прогнозів – ЦП (НЛК №2).

Навчальна практика розділена на дві частини:

- 1) робота з оперативними матеріалами в ЦП;
- 2) прогноз синоптичного положення, метеовеличин і явищ погоди.

Розподіл навчального часу по темах навчальної практики

	Найменування розділів і тем	К-сть годин	Література	Форма поточного контролю СРС	Кількість кредитів
робота з оперативними матеріалами	1. Обробка та аналіз приземної карти. Обробка карт ВТ-500/1000, АТ-500. Аналіз умов погоди.	5	[1, 3, 4, 8, 9, 12]	УО	0,3
	2. Обробка і аналіз карти АТ-850, фронтологічний аналіз.	5	[1, 3, 8, 12]	УО	0,3
	3. Побудова і аналіз аерологічної діаграми.	5	[1, 4, 8, 10, 11]	УО	0,3
	4. Побудова траєкторії переносу часток повітря. Визначення адвективних значень метеовеличин..	5	[1, 6, 14]	УО	0,2
	5. Складання письмового огляду синоптичної ситуації. Робота з програмою АРМсин. Заповнення синоптичної документації фактичної та прогностичною інформацією по станції України.	5	[1, 7]	УО	0,2
Розрахунок термодинамічних	6. Розрахунок похідних, лапласіану та градієнтів метеорологічних величин за даними об'єктивного аналізу та картами погоди. Співставлення результатів з синоптичним матеріалом та написання аналізу.	10	[1, 2, 13]	УО	0,4
	7. Розрахунок вертикальних рухів за даними поля тиску, аналіз результатів за картами погодим. Співставлення результатів з синоптичним матеріалом та написання аналізу.	10	[1, 5, 10, 11]	УО	0,3
	Разом	45			1,5
	Самостійна робота	15			0,5
	Всього		60		2,0

## 2. Методичні рекомендації

### 2.1 Робота з оперативними матеріалами

Робота з оперативними матеріалами в ЦП проводиться у вигляді чергувань, які імітують роботу чергової зміни оперативного метеорологічного підрозділу. Чергування проводиться бригадами студентів у кількості 5 чол., за типом діючих оперативних підрозділів гідрометслужби України. Кожний студент бригади виконує окреме завдання; кожен студент обов'язково виконує всі чергування.

Кожне чергування закінчується загальним оглядом поточних синоптичних процесів, в якому беруть участь всі студенти чергової зміни.

#### ЧЕРГУВАННЯ 1.

В результаті засвоєння теми студенти повинні:

знати:

- схему коду КН-01; систему декодування та нанесення на приземну карту метеорологічних величин та явищ погоди;
- схему коду КН-04; систему декодування та нанесення на висотні карти погоди метеорологічних величин;
- основи фронтологічного аналізу;
- принцип складання карти ВТ-500/1000;
- характеристики висотних фронтальних зон - ВФЗ.

вміти:

- аналізувати приземну карту;
- проводити фронтологічний аналіз на приземній карті;
- аналізувати карти ВТ-500/1000 та АТ-500, визначати положення та інтенсивність ВФЗ;
- проводити узагальнення характеристик та встановлювати особливості синоптичних процесів.

Під час чергувань передбачено:

1. Аналіз поля тиску по приземній карті – провести ізобари; позначити центри циклонів та антициклонів. Скопіювати центри приземних баричних утворень з приземної карти за попередню добу на приземну карту за поточну добу.
2. Проведення ізалобар. Позначити центри областей падіння та зростання тиску.
3. Виконати операцію «підйом» карти з виділення зон з явищами погоди відповідно до встановленого порядку.
4. Проведення ізогіпс на картах АТ-500 та ВТ-500/1000, копіювання приземних центрів баричних утворень;
5. Визначення положення та динамічної значимості ВФЗ;
6. Проведення фронтологічного аналізу на приземній карті з використанням даних карт АТ-500 і ВТ-500/1000.
7. Доповісти черговій зміні результати своєї роботи та прийняти участь в складанні прогнозу погоди на наступну добу.

#### ЧЕРГУВАННЯ 2.

В результаті засвоєння теми студенти повинні:

знати:

- схему коду КН-04; систему декодування та нанесення на висотні карти погоди метеорологічних величин;
- основи фронтологічного аналізу.

вміти:

- аналізувати карту АТ-850;
- проводити фронтологічний аналіз на карті АТ-850;
- проводити узагальнення характеристик та визначати особливості синоптичних процесів.

Під час чергувань передбачено:

1. Проведення ізотерм, ізогіпс, виділення зон значної вологості зеленим кольором та зон низької вологості червоним кольором на карті АТ-850.
2. Аналіз характеристик повітряних мас, фронтологічний аналіз на карті АТ-850 із залученням приземної карти, карт АТ-500 і ВТ 500/1000 та супутникових даних про хмарність.
3. Доповісти черговій зміні результати своєї роботи та прийняти участь в складанні прогнозу погоди на наступну добу.

**ЧЕРГУВАННЯ 3.**

В результаті засвоєння теми студент повинен

знати:

- Структуру бланку аерологічної діаграми, їх основні види;
- структуру коду КН-04;
- порядок обробки аерологічної діаграми

вміти:

- дешифрувати телеграми КН-04
- наносити дані на аерологічну діаграму
- проводити розрахунки додаткових характеристик по аерологічній діаграмі
- робити правильну інтерпретацію отриманих результатів.

Під час чергувань передбачено:

1. Розкодувати дані радіозондування за даними вказаної станції і побудувати криву стратифікації, деграму, криву стану; нанести на бланк АД напрямки і швидкість вітру на основних ізобаричних поверхнях.
2. Визначити характер стратифікації.
3. Розрахувати відносну вологість, потенціальну, псевдопотенціальну та віртуальну температуру.
4. Виділити шари інверсії, ізотермії, визначити їх параметри.
5. Визначити шари з хмарністю.

**ЧЕРГУВАННЯ 4.**

В результаті засвоєння теми студенти повинні

знати:

- застосування і методик побудови траєкторії повітряних часток;
- трансформаційні зміни температури та точки роси;
- термодинамічні типи повітряних мас та погодні умови з ними пов'язані.

вміти:

- будувати траєкторії переносу повітряних часток за картами погоди та за допомогою інтернет ресурсів;
- визначати трансформаційні зміни температури та точки роси;
- визначати термодинамічні типи повітряних мас та погодні умови з ними пов'язані.

Під час чергувань передбачено:

1. Побудова траєкторій переносу повітряних часток на приземній, АТ-850, 700, 500 – фактичних та прогностичних картах;

2. побудова траєкторій переносу повітряних часток на сайті <https://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive>. Порівняти отримані результати;
3. визначення в початкових точках траєкторій та в пункті прогнозу значення температури та точки роси, погодні явища;
4. розрахунок адвективних змін температури та точки роси;
5. розрахунок трансформаційних змін температури та точки роси та визначення типу повітряної маси з можливими погодними умовами.

### **ЧЕРГУВАННЯ 5.**

В результаті засвоєння теми студенти повинні

**знати:**

- принципи аналізу та прийоми складання огляду синоптичних процесів;
- правила роботи з персональним комп'ютером.

**вміти:**

- аналізувати різнопланову аеросиноптичну інформацію, яка надходить через мережу INTERNET.

**Під час чергувань передбачено:**

1. Вивчити головне та кнопочке меню АРМ синоптика.
2. Здійснити введення даних TEMP за 00 UTC поточної доби та даних SYNOP за всі строки попередньої доби та строки 00, 03, 06, 12 UTC поточної доби.
3. За картами БТ (фактичним та прогностичним) вказати на наявність висотних циклонів та антициклонів, проходження атмосферних фронтів на протязі найближчої доби. За допомогою прогностичних карт визначити характер змін баричного поля над Україною на наступну добу у порівнянні з поточною добою. Ознайомитися з бланками карт АРМ синоптика (меню «Карти»).
4. Вивести на екран кільцеву карту за поточну добу. Визначити характер переміщення зон опадів над Україною за добу.
5. Провести аналіз супутникових даних, допоміжних карт погоди.
6. Вивести на екран по черзі факсимільні карти формату Т4: фактичні і прогностичні. При залученні інших оперативних матеріалів скласти письмовий огляд синоптичної ситуації із застосуванням приземної карти попередньої доби для збереження історичної послідовності розвитку процесів.
7. Доповісти черговій зміні результати своєї роботи та прийняти участь в складанні прогнозу погоди на наступну добу.

Огляд розвитку синоптичних процесів ґрунтується на комплексному аналізі основних синоптичних об'єктів, якими є повітряні маси, атмосферні фронти та баричні утворення.

### **Порядок складання огляду синоптичних процесів за минулу добу**

На початку огляду виявляють найхарактерніші риси в розвитку синоптичних процесів, а саме, зональність або меридіональність атмосферних процесів, процеси цикло- та антициклогенезу, фронтальну діяльність, тощо. При цьому необхідно виділити погодоутворювальний процес. Після опису основного процесу та причин, що обумовили його розвиток (термічний та динамічний фактори еволюції баричного поля), надається характеристика процесів над рештою території. Визначають: напрямок і швидкість великомасштабних течій в середній та верхній тропосфері, географічне положення та інтенсивність висотних фронтальних зон і струминних течій, характеристики термобаричного поля та поля хмарності в зонах атмосферних фронтів і в областях циклонів та антициклонів. На основі цих даних робиться висновок про закономірності розвитку синоптичних процесів.

Огляд атмосферних процесів за допомогою карт погоди складається за наближеною схемою:

- положення баричного центру біля поверхні землі, територія, зайнята баричним утворенням та кількість замкнених ізобар;
- величина екстремального тиску в баричному утворенні;
- напрямок та швидкість переміщення баричного центру за минулу добу;
- величина зміни тиску в центрі;
- вертикальна потужність; нахил просторової вісі;
- термічна структура;
- погода в області баричного утворення.

Після огляду атмосферних процесів вказують дані висотної фронтальної зони (ВФЗ) та атмосферних фронтів, що з нею пов'язані. При цьому за картою ВТ-500/1000 чи АТ-500 визначають характеристики ВФЗ:

- орієнтування ВФЗ в просторі та її інтенсивність (в гп.дам чи °С на 1000 км), при цьому виділяються ділянки з найбільшими контрастами;
- приземні атмосферні фронти узгоджуються з положенням ВФЗ.

Для характеристики фронтальних розділів вказують:

- розташування атмосферних фронтів на приземній карті;
- характеристики атмосферних фронтів у полях метеовеличин на приземній карті та карті АТ-850;
- характеристики повітряних мас, що розділяють фронти.

## 2.2. РОЗРАХУНОК ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛІВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН

### ЧЕРГУВАННЯ 6.

В результаті засвоєння теми студенти повинні

знати:

- методи розрахунків лапласіану, похідних та градієнту метеорологічної величини;

вміти:

- обчислювати характеристики метеорологічних полів за даними об'єктивного аналізу;
- пояснювати отримані результати та використовувати їх в оперативній практиці..

Під час чергувань передбачено:

1. Отримати дані об'єктивного аналізу (тиску та геопотенціалу на рівнях АТ-850, Ат-700, АТ-500 гПа) з інтернет ресурсів;
2. Провести розрахунки похідних, лапласіану та градієнту в елх.
3. Побудувати поля лапласіану та співставити з синоптичним матеріалом, зробити детальний аналіз;
4. Провести аналіз градієнту метеорологічної величини як по горизонталі так і по вертикалі.

### **Пояснення до виконання чергування 6**

#### **Розрахунок похідних**

Для розрахунку похідних, як правило, використовують значення метеорологічних величин, проінтерпольованих у вузли регулярної сітки точок, приклад якої наведений на рис. 1.



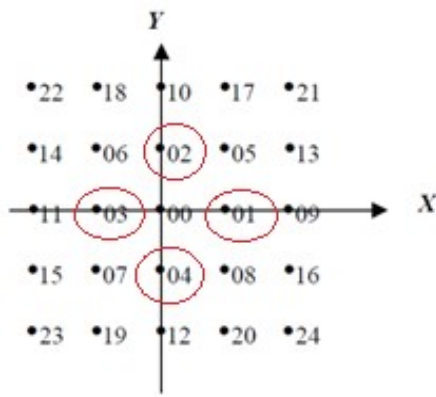


Рис. 1 – Прямокутна розрахункова сітка

При використанні даних об'єктивного аналізу (рис. 2) слід звернути увагу на заданий крок сітки. Крок по широті та довготі в розрахункових сітках надається в градусах і в різних моделях може набувати різних значень.

Так, в більшості моделях, що описують великомасштабні атмосферні процеси, кроки  $\delta\varphi$ ,  $\delta\lambda$  складають  $2,5^\circ$ .

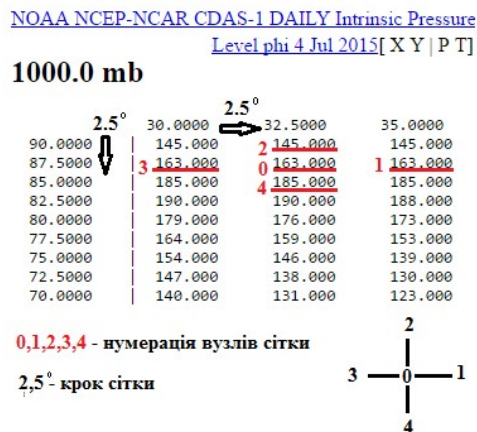


Рис. 2 – Приклад даних об'єктивного аналізу у вузлах регулярної сітки точок

Якщо розглядати Землю як кулю, то лінійні розміри кроків  $\delta\varphi$  і  $\delta\lambda$  будуть співпадати лише на екваторі. Так, якщо  $\delta\varphi = \delta\lambda = 1^\circ$ , то

$$\delta\varphi = \delta\lambda = \frac{2\pi R_3}{360} = \frac{6,28 \cdot 6,4 \cdot 10^3 \text{ км}}{360} \approx 111 \text{ км},$$

де  $R_3 \approx 6400$  км – радіус Землі.

Таким чином, одному радіусу по меридіану ( $\delta\varphi$ ) завжди відповідає відстань 111 км, а лінійні розміри градуса по широті ( $\delta\lambda$ ) залежать від широти місця:

$$\delta y = 111 \cdot 2,5 = 277,5 \text{ км}, \quad (1)$$

$$\delta x = \delta y \cdot \cos \varphi = 277,5 \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Відстань між вузлами сітки є її кроком.

Якщо розрахунок ведеться за картами погоди, то подібну сітку роблять на прозорому папері, при цьому крок сітки повинен відповідати 100 або 300 км на карті, з якої знімаються дані. Далі обирається станція, для якої планується робити розрахунки, це і буде нульова точка ( $f_0$ ). Відносно неї знімаються необхідні дані ( $f_1, f_2, f_3, f_4$ ) згідно схеми на рис. 1.

В моделях граничного шару атмосфери, в яких враховуються мілко масштабні ефекти, відстань між суміжними вузлами (крок сітки) береться менше  $1^\circ$ .

Оскільки у глобальній системі координат вісь  $x$  спрямована вздовж широтного кола, а вісь  $y$  – вздовж меридіана, то крок по  $x$  визначається довготним кутом  $\delta\lambda$ , по  $y$  – кутом  $\delta\varphi$ .

З (2) бачимо, що із зростанням широти, значення  $\delta x$  зменшується, і на полюсі, де  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\delta x = 0$ .

Для розрахунку похідних в точці 0 використовують такі формули:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f}{\partial x} &= \frac{1}{2\delta s}(f_1 - f_3); \\ \frac{\partial f}{\partial y} &= \frac{1}{2\delta s}(f_2 - f_4); \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} &= \frac{1}{(\delta s)^2}(f_1 + f_3 - 2f_0); \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} &= \frac{1}{(\delta s)^2}(f_2 + f_4 - 2f_0);\end{aligned}\quad (3)$$

де  $\delta s$  – заданий крок сітки;  $f_0, f_1, f_2, f_3, f_4$  – метеовеличини, за якими ведуться розрахунки.

Переміщуючи початок координат з точки 0 в будь-яку іншу область розрахункової сітки та приймаючи цю область за нульову, можна розрахувати похідні для всієї заданої області.

### Розрахунок лапласіану

Лапласіан використовується в багатьох моделях прогнозу, він визначає форму кривизни поверхні. Так, якщо проводити розрахунки з використанням полів тиску, ми отримаємо циклонічну або антициклонічну кривизну поверхні.

Лапласіан розраховується за наступною формулою:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}, \quad (4)$$

Якщо розписати другі похідні, отримаємо робочі формули для розрахунку:

$$\begin{aligned}\nabla^2 f &= \frac{1}{4(\delta s)^2}(f_9 + f_{10} + f_{11} + f_{12} - 4f_0), \quad (5) \\ \nabla^2 f &= \frac{1}{4(\delta s)^2}(f_1 + f_2 + f_3 + f_4 - 4f_0).\end{aligned}$$

Із формули (5) видно, що від'ємні значення лапласіану характерні для опуклої поверхні, а додатні для увігнутої. Таким чином, у центрі циклону спостерігатимуться додатні значення лапласіану, а у антициклоні – від'ємні.

Але варто зазначити, що додатні значення можуть бути отримані і в антициклоні, якщо процеси в розрахунковій точці зумовлюють падіння тиску і навпаки, від'ємні значення в циклоні, якщо тиск в ньому починає зростати.

Тому при аналізі отриманих результатів слід детально проаналізувати поля метеовеличин в обраних точках та спробувати пояснити той чи інший результат розрахунку лапласіану.

Зауважимо, що лапласіан може розраховуватися не лише для полів тиску, а й для полів температури та геопотенціалу.

### Розрахунок градієнту

Кількісною мірою зміни метеорологічної величини в просторі служить *градієнт* цієї величини.

Градiєнтом величини  $f$  називається вектор, який за напрямком співпадає з нормаллю  $N$  до екіскалярної поверхні (додатній напрямок – в сторону зменшення  $f$ ), а за модулем дорівнює похідній від  $f$  по  $N$  зі зворотнім знаком:

$$|\mathit{grad} f| = -\frac{df}{dN}$$

Можна показати, що проекція градієнту величини  $f$  на будь який напрямок  $l$  дорівнює частиній похідній (зі зворотній знаком) від  $f$  по  $l$ .

$$\mathit{grad}_l f = -\frac{\partial f}{\partial l}$$

Таким чином, проекції градієнту величини  $f$  на вісі координат  $x, y, z$  дорівнюють:

$$-\frac{\partial f}{\partial x}, \quad -\frac{\partial f}{\partial y}, \quad -\frac{\partial f}{\partial z}.$$

В метеорології найбільший практичний інтерес представляє горизонтальна та вертикальна проекції градієнту величини.

$$\mathit{grad}_l f = -\frac{\partial f}{\partial n}$$

$$\mathit{grad}_l f = -\frac{\partial f}{\partial z}$$

Де  $n$  нормаль до ізоліній величини  $f$  на рівневій поверхні ( до ізобар або ізотермам).

Градiєнт величини  $f$ , показує її зміна на одиницю відстані (наприклад, на 100, 300, 500 км).

В якості скалярного поля розглянемо поле тиску  $p(x, y, z)$ . Тоді, як відомо,

$$\mathit{grad} p = \nabla p = \frac{\partial p}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial p}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial p}{\partial z} \vec{k}. \quad (2)$$

Для горизонтальної площини

$$\nabla p = \frac{\partial p}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial p}{\partial y} \vec{j}.$$

Чисельно, градієнт метеорологічної величини на площині дорівнює:

$$|\mathit{grad} f| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (6)$$

Представивши величини, що знаходяться у правій частині виразу (6), у скінченно-різницевої формі, отримаємо робочу формулу для розрахунку градієнту:

$$|\text{grad } f| = \frac{1}{2\delta s} \sqrt{(f_1 - f_3)^2 + (f_2 - f_4)^2} \quad (7)$$

Таким чином, градієнт метеорологічної величини характеризує її зміну на одиницю відстані (наприклад, на 100 км.)

В оперативній синоптичній практиці наведений спосіб обчислення градієнта застосовується рідко. Найчастіше застосовується один з наступних способів:

**1 спосіб.** Вимірюється уздовж нормалі відстань між ізобарами  $\delta n$  в сотнях км. тоді чисельно .

$$p_n = |\nabla p| = \left| \frac{\delta p}{\delta n} \right| \text{гПа/100км.}$$

Напрямок вектора  $p_n$  збігається з напрямком нормалі. Для сусідніх ізобар, кратних 5,  $\delta p = 5$ .

**2 спосіб.** Уздовж нормалі до ізобар шляхом інтерполяції визначаються значення  $p_1$  в точці 1, розташованої від розглянутої точки 0 праворуч на відстані 50 км, і  $p_2$  в точці 2, розташованої на відстані 50 км зліва; тоді

$$p_n = |\nabla p| = |p_1 - p_2| \text{гПа/100км.}$$

Аналогічно обчислюються градієнти геопотенціальних висот по ізогіпсам карт АТ, а також горизонтальні градієнти температури по ізотермам.

Результати розрахунків занести в таблицю 1

Таблиця 2 – Результати розрахунків похідних, лапласіанів та градієнтів

	Земля	850	700	500
$\frac{\partial f}{\partial x}$				
$\frac{\partial f}{\partial y}$				
$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$				
$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$				
$\nabla^2 f$				
$\text{grad } f$				

## ЧЕРГУВАННЯ 7.

В результаті засвоєння теми студенти повинні

знати:

- методи розрахунків вертикальних рухів;

вміти:

- обчислювати характеристики метеорологічних полів за даними оперативної синоптичної інформації;
- будувати траєкторії переносу повітряних часток.

Під час чергувань передбачено:

1. Побудова траєкторій переносу повітряних часток на приземній, АТ-850, 700, 500 – фактичних та прогностичних картах;
2. Визначення в початкових точках траєкторій та в пункті прогнозу лапласіанів тиску та геопотенціалу;
3. Розрахунок за комплексним методом вертикальних рухів для кількох пунктів, аналіз результатів.

В синоптичній практиці найбільше поширення має метод розрахунку вертикальних рухів за полем тиску, який базується на спільному використанні рівняння вихору швидкості і рівняння нерозривності. Без урахування приземного тертя рівняння вихору швидкості можна записати:

$$\frac{g}{l} \frac{d\nabla^2 H}{dt} = -lD, \quad (1)$$

$$\text{де } \frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \tau \frac{\partial}{\partial p};$$

$\nabla^2 H$  – лапласіан висоти ізобаричної поверхні.

За відсутністю тертя швидкість вертикальних рухів повітря на верхній межі будь-якого шару складається з вертикальних рухів на нижній межі та деякого додатку, який пропорційний середньому в цьому шарі значенню індивідуальної зміни  $\nabla^2 H$  та баричній товщині шару:

$$\tau_{p_2} = \tau_{p_1} - \frac{g}{l^2} (p_1 - p_2) \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{d}{dt} \nabla^2 H \right)_{p_1} + \left( \frac{d}{dt} \nabla^2 H \right)_{p_2} \right]. \quad (2)$$

Застосування формули (2) визначається наявністю карт погоди на декількох ізобаричних рівнях (АТ-850, АТ-700, АТ-500 і АТ-300 гПа).

На верхній межі (~ 850 гПа) додаткова вертикальна швидкість, яка зумовлена силою тертя, з достатньою для практичних цілей точністю може бути розрахована за формулою:

$$\tau_{\text{тр}} = -3.5 \nabla^2 p_0, \quad (3)$$

де  $\nabla^2 p_0$  – лапласіан тиску на рівні моря в гПа / 500 км<sup>2</sup>.

Розрахована за рівнянням (3)  $\tau_{\text{тр}}$  має розмірність гПа/12 год.

Якщо вважати, що крок між вузлами сітки дорівнює 500 км, а інтервал між двома картами – 12 годин, формули для розрахунку вертикальних рухів можна записати так:

$$\begin{aligned}
 \tau_{850} &= -3.5 \left( \overline{\tilde{\nabla}^2 p_0} + \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 p_0 \right), \\
 \tau_{700} &= \tau_{850} - 2.1 \left( \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H_{850} + \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H_{700} \right), \\
 \tau_{500} &= \tau_{700} - 2.8 \left( \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H_{700} + \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H_{500} \right), \\
 \tau_{300} &= \tau_{500} - 2.8 \left( \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H_{500} + \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H_{300} \right).
 \end{aligned} \tag{4}$$

Розраховані за формулами (4) вертикальні рухи мають розмірність гПа/12год.

$$\begin{aligned}
 \overline{\tilde{\nabla}^2 p_0} &= \frac{1}{2} \left[ (\tilde{\nabla}^2 p_0)_k + (\tilde{\nabla}^2 p_0)_n \right], \\
 \frac{\tilde{d}}{dt} \tilde{\nabla}^2 H &= (\tilde{\nabla}^2 H)_k - (\tilde{\nabla}^2 H)_n, \\
 \tilde{\nabla}^2 H &= H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0.
 \end{aligned} \tag{5}$$

В (5) формули для геопотенціалу  $H$  можна застосувати і для  $p_0$ ; індекси  $k$  і  $n$  вказують на належність величини до кінцевої та початкової точки траєкторії, відповідно, а індексами 1, 2, 3, 4, 0 вказано величину у вузлах палетки, яка наведена на рис.1.

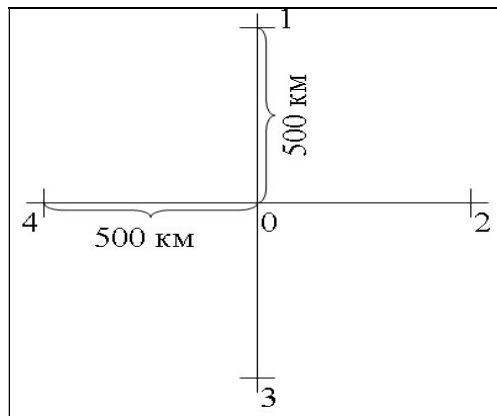


Рис.1. Палетка для розрахунку лапласіанів

Отже, розрахунок вертикальних рухів на основних ізобаричних поверхнях за формулами (4) зводиться до побудови траєкторій повітряних часток. Лапласіани тиску на рівні моря беруться в початковій та кінцевій точках траєкторії, побудованій на АТ-850.

Результати розрахунків заносять до таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку вертикальних рухів

Дата									
Станція									
Рівні Дані	Земля P, гПа		АТ-850 H, гп.дам		АТ-700 H, гп.дам		АТ-500 H, гп.дам		
	П	К	П	К	П	К	П	К	
$P_0/H_0$									
$P_1/H_1$									
$P_2/H_2$									
$P_3/H_3$									
$P_4/H_4$									
$\nabla^2 P / \nabla^2 H$									
$\overline{\nabla^2 p_0}$									
$\frac{d}{dt} \nabla^2 p_0$									
$\left( \frac{d}{dt} \nabla^2 H \right)$		-							
$\tau$		-							

### 3. Форми та методи контролю

Поточна та підсумкова оцінка за проходження практики студентами здійснюється за модульною системою. Максимальна сума балів, яку може отримати студент, складає 100 балів. Студенти, які набрали 60% і більше від максимальної можливої суми (тобто 60 балів і вище), отримують залік. Максимальна оцінка кожного чергування складає 5 балів.

#### Критерії оцінювання результатів практики

		Види завдань	Максимальна кількість балів
виконання видів робіт	робота з оперативними матеріалами	1. Обробка та аналіз приземної карти. Обробка карт ВТ-500/1000, АТ-500. Аналіз умов погоди.	15
		2. Обробка і аналіз карти АТ-850, фронталогічний аналіз.	5
		3. Побудова і аналіз аерологічної діаграми.	5
		4. Побудова траєкторії переносу часток повітря. Визначення адвективних значень метеовеличин..	5
		5. Складання письмового огляду синоптичної ситуації. Робота з програмою АРМсин. Заповнення синоптичної документації фактичної та прогностичною інформацією по станції України.	5
	Розрахунок термодинамічних характеристик полів метеорологічних величин	6. Розрахунок похідних, лапласіану та градієнтів метеорологічних величин за даними об'єктивного аналізу та картами погоди. Співставлення результатів з синоптичним матеріалом та написання аналізу.	10
		7. Розрахунок вертикальних рухів за даними поля тиску, аналіз результатів за картами погоди. Співставлення результатів з синоптичним матеріалом та написання аналізу.	5
Підготовка матеріалів звіту практики			10
Захист звіту практики			40
Всього			100

Шкала оцінювання за системою ECTS та системою університету:

За шкалою ECTS	За національною системою	Визначення	За системою університету (у відсотках)
A	зараховано	Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100
B	зараховано	Вище середнього рівня з кількома помилками	82-89,9
C	зараховано	В загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74-81,9
D	зараховано	Непогано, але зі значною кількістю помилок	64-73,9
E	зараховано	Виконання задовольняє мінімальні критерії	60-63,9
FX	незараховано	З можливістю перескласти	35-59,9
F	незараховано	З обов'язковим повторним курсом навчання	1-34,9



#### 4. Вимоги до звіту

При проходженні навчальної практики студенти складають звіт практики. Звіт практики перевіряється та затверджується керівниками практики і є основою для отримання заліку.

На початку звіту міститься календарний графік проходження практики наступного виду:

№	Назва розділу практики	Дата	Підпис викладача про виконання
	чергування/ вид виконаної роботи		
1.			
2.			

У розділах звіту обов'язково наводяться теоретичні основи відповідно до кожного з видів роботи та дані розрахунків і матеріали роботи:

1. До частини практики «Робота з оперативними матеріалами» додається оброблена аерологічна діаграма з аналізом матеріалу; письмовий огляд синоптичних процесів, таблиця розрахунку вертикальних рухів і оброблені карти погоди.
2. До частини практики «Прогноз синоптичного положення, метеовеличин і явищ погоди» додаються вихідні дані для розрахунку похідних, лапласіанів та градієнтів метеорологічних величин та їх результати з візуалізацією..

## Рекомендована література

### ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Воробьев В.И. Основные понятия синоптической метеорологии. Учебное пособие. СПб.: Изд. РГГМУ, 2003. 48 с. / ел. версія/
2. Методичні вказівки для лабораторних занять з дисципліни «Синоптична метеорологія» на тему «**Розрахунок кількісних характеристик полів метеовеличин за даними об'єктивного аналізу та картами погоди**» для студентів 3 курсу , напрям підготовки «Гідрометеорологія»/ Укладач: к.геогр.н., ас. Міщенко Н.М.; укр., 25 стор
3. Міщенко Н.М. «**Обробка та аналіз карт погоди**». Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Синоптична метеорологія». Одеса: ОДЕКУ, 2015. 18 с.
4. Міщенко Н.М. Методичні вказівки для практичної роботи студентів на тему «**Побудова та первинний аналіз аерологічної діаграми**» з дисципліни «Військова підготовка», навчальний модуль «Синоптична метеорологія», для студентів 1 року навчання, програма підготовки офіцерів запасу ВОС 200200, 600100; 19 стор.
5. Міщенко Н.М. Методичні вказівки для навчальної практики з дисципліни „Синоптична метеорологія” та чергувань НБП на тему „ **Розрахунок упорядкованих вертикальних рухів в атмосфері** ” для студентів 4 курсу , напрям підготовки «Гідрометеорологія»; 15 стор.
6. Нажмудінова О.М. Методичні вказівки для чергувань в ЦПП з дисципліни «Синоптична метеорологія» на тему «Траєкторії повітряних часток». Одеса: ОДЕКУ, 2019, 16 с.

### ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

7. Гурська Л.М., Смірнова М.А. Практичне використання комп'ютерної програми АРМсин для діагнозу та прогнозу синоптичних процесів. Методичні вказівки №32. Одеса: ОГМІ, 1999, 25 с.
8. Код для передачі даних вертикального зондирования атмосфери КН-04. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 31 с.
9. Код для передачі даних гидрометеорологических наблюдений с наземных и морских наблюдательных станций КН-01. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 72с.

### Інтернет – посилання

10. [https://flymeteo.org/sounding/archiv\\_one\\_time.php](https://flymeteo.org/sounding/archiv_one_time.php) Аерологічні діаграми (архіви) по всій півкулі.
11. [https://www.wetterzentrale.de/show\\_soundings.php?lat=46&lon=31&model=gfs&var=120&run=12&time=0&lid=OP&h=0&tr=3#mapref](https://www.wetterzentrale.de/show_soundings.php?lat=46&lon=31&model=gfs&var=120&run=12&time=0&lid=OP&h=0&tr=3#mapref) Прогностичні аерологічні діаграми по всій півкулі.
12. <http://www1.wetter3.de/> Архіви карт погоди
13. <http://kcdl.kau.edu.sa/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/.Diagnostic/datasetdataselection.html?Set-Language=id> Архіви даних об'єктивного аналізу
14. <https://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive> Побудова зворотної траєкторії.