

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з навчальної дисципліни
«РЕГІОНАЛЬНА СИНОПТИКА»

для здобувачів вищої освіти рівня магістр
денної та заочної форм навчання

спеціальність 103 Науки про Землю
Освітньо-професійна програма “Метеорологія і кліматологія”

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 11 від « 28 » червня 2022р.

Голова групи  Шакірзанова Ж.Р.

Затверджено
на засіданні кафедри метеорології та кліматології
Протокол № 11 від « 25 » червня 2022р.

Завідувач кафедр  Прокоф'єв О.М.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з навчальної дисципліни

«РЕГІОНАЛЬНА СИНОПТИКА»

для здобувачів вищої освіти рівня магістр
денної та заочної форм навчання

спеціальність 103 «Науки про Землю»
освітньо-професійна програма “Метеорологія і кліматологія”

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 11 від « 28 » червня 2022р.

Одеса 2022

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Регіональна синоптика» для здобувачів вищої освіти рівня магістр 1-го року денної та заочної форми навчання, за спеціальністю 103 «Науки про Землю», освітньо-професійна програма “Метеорологія і кліматологія” // Боровська Г.О. к.геогр.н., доц., Одеса, ОДЕКУ, 2022 р., 98 с.

ЗМІСТ

	ПЕРЕДМОВА.....	4
1	Практична робота на тему: «Аналіз макроциркуляційних процесів в Північній півкулі»	6
	1.1 Загальні теоретичні відомості	6
	1.2 Практична частина.....	13
2	Практична робота на тему: «Аналіз регіонального процесу циклогенезу»	17
	2.1 Загальні теоретичні відомості	17
	2.2 Практична частина.....	23
3	Практична робота на тему: «Аналіз регіонального процесу антициклогенезу»	28
	3.1 Загальні теоретичні відомості	28
	3.2 Практична частина.....	32
4	Практична робота на тему: «Аналіз блокуючих процесів в атмосфері»	34
	4.1 Загальні теоретичні відомості	34
	4.2 Практична частина.....	41
5	Практична робота на тему: «Дослідження хвиль тепла (холоду) в Україні»	48
	5.1 Загальні теоретичні відомості	48
	5.2 Практична частина.....	51
6	Практична робота на тему: «Регіональні методи прогнозу небезпечних явищ».	58
	6.1 Оцінка посух. Загальні теоретичні відомості	58
	6.2 Практична частина.....	64
	6.3 Заморозки і їхній прогноз. Загальні теоретичні відомості.....	74
	6.4 Практична частина.....	82
7	Практична робота на тему: «Аналіз аеросиноптичних умов виникнення бризів в Північному Причорномор'ї»	86
	7.1 Загальні теоретичні відомості	86
	7.2 Практична частина.....	92

ПЕРЕДМОВА

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів сучасних уявлень про регіональні прояви макроциркуляційних атмосферних процесів та мезомасштабних процесів з урахуванням особливостей атмосферних процесів, які обумовлені дією орографії, над територією Європи взагалі та Україною зокрема, а також суміжних географічних територій; фахівців обізнаних з сучасними методами прогнозування закономірностей розвитку процесів і явищ; вміти оцінювати фактори, що визначають вплив на атмосферні процеси підстильної поверхні; застосовувати фізичні та динамічні підходи для пояснення формування і еволюції атмосферних процесів будь-яких регіонів, та прогнозування супровідних умов погоди (в тому числі екстремальних явищ).

Після виконання практичних робіт магістри повинні знати:

- ✓ закономірності розвитку атмосферних процесів різних масштабів;
- ✓ основні фізичні механізми впливу орографічних систем на атмосферні процеси синоптичного масштабу і методи їх врахування;
- ✓ типові траєкторії переміщення баричних утворень над Східною Європою;
- ✓ типи атмосферних циркуляцій різних масштабів та умови їх утворення, які призводять до формування небезпечних явищ погоди.

Після виконання практичних робіт магістри повинні вміти:

- ✓ використовувати знання про особливості атмосферних процесів того чи іншого регіону при прогнозуванні погодних умов;
- ✓ прогнозувати виникнення та еволюцію атмосферних процесів синоптичного масштабу з врахуванням особливостей регіону, в тому числі й таких, що призводять до формування несприятливих явищ погоди.
- ✓ опанувати новітні науково-технічні досягнення в області метеорології;
- ✓ аналізувати, синтезувати і критично резюмувати інформацію;
- ✓ користуватися сучасними синоптичними та гідродинамічними методами прогнозування погодних явищ.

Мета даних методичних вказівок полягає в наданні допомоги здобувачам вищої освіти рівня магістр денної та заочної форм навчання при виконанні практичних робіт з дисципліни «Регіональна синоптика» .

Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1 полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, створювати аналіз і надавати рекомендації, у повноті відповідей на запитання.

Контроль по кожній практичній роботі проводиться в формі *звіту про виконання* практичної роботи наведених у звіті до роботи. ЗМ-П1 включає 7 практичних робіт. Оцінювання завдання проводиться відповідно до силлабусу навчальної дисципліни, кожна робота оцінюється у 10 балів.

1 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема: Аналіз макроциркуляційних процесів в Північній півкулі

Метою даної роботи є ознайомлення з макропроцесами в Північній півкулі взимку та влітку з виявленням їх основних циркуляційних елементів, що обумовлюють типові синоптичні процеси в окремих регіонах.

Після виконання практичного завдання студент має *оволодіти такими вміннями:*

- визначити багаторічну динаміку тиску і місцезнаходження постійних та сезонних центрів дії атмосфери в Північній півкулі;
- визначати основні синоптичні процеси в різних широтних зонах Північної півкулі та їх взаємозв'язок з центрами дії атмосфери (ЦДА);
- оцінювати наявність блокуючих процесів, положення та інтенсивність планетарної висотної фронтальної зони і окремих її гілок;
- використовуючи методику, розроблену А.Л.Кацем для Атлантико-європейського сектору північної півкулі, розрахувати індекси циркуляції атмосфери у I-му ПСР
- визначати характерні відмінності між синоптичними процесами теплового та холодного періоду року в різних регіонах Північної півкулі.

1.1 Загальні теоретичні відомості

Атмосферна циркуляція взимку характеризується інтенсивним тропосферним і стратосферним перенесенням повітряних мас, активізацією циклонічної та антициклонічної діяльності в позатропічних широтах і формуванням аномалій погоди в різних секторах Північної півкулі. Основною причиною посилення атмосферних процесів є зростання в зимовій півкулі великомасштабних градієнтів температури і тиску між полюсом та екватором, між материками та океанами. Характерними для зими макропроцесами є формування континентальних антициклонів і посилення циклонічної діяльності в північних районах Атлантичного та Тихого океанів, над Середземним морем та іншими незмерзлими морями помірних широт. В низьких широтах спостерігається зміщення на південь субтропічних антициклонів та пересування в зону екватора внутрішньотропічної зони конвергенції (ВЗК).

Влітку, на відміну від зимового сезону, в позатропічних широтах над континентами переважає циклонічна діяльність, над океанами –

антициклонічна. Баричні утворення значно послаблені, глибоких циклонів практично не спостерігається. Порівняно з зимовим сезоном арктичний і полярний фронти, а також ВЗК зміщені в більш високі широти. Тропосферні фронти у поверхні землі слабо виражені в полі основних метеорологічних величин, а на висотах градієнти температури та тиску в цілому менше ніж взимку.

В режимі стратосферної циркуляції також відбуваються суттєві зміни при переході від літнього режиму циркуляції на зимовий. Планетарний осередок тепла над полярною областю внаслідок послаблення та зникнення припливу сонячної радіації в період полярної ночі, змінюється на інтенсивний осередок холоду. В результаті в області полюсу взимку в північній півкулі в нижній та середній стратосфері формується циркумпольний циклонічний вихор на відміну від літнього періоду, коли в цьому шарі атмосфери спостерігається антициклонічна циркуляція.

Біля поверхні землі в полі тиску також виділяються сезонні особливості. Як відомо, в окремих районах півкулі виділяють області, в яких на кліматичних картах простежуються баричні мінімуми та максимуми. Це так звані центри дії атмосфери. Під центром дії атмосфери розуміється область підвищеного атмосферного тиску (баричні максимуми) або зниженого атмосферного тиску – баричні мінімуми (депресії) на кліматичних картах приземного тиску. ЦДА –результат статистичного осереднення фактичних полів приземного тиску (рис.1.1, 1.2).

ЦДА які можуть бути постійними (спостерігаються протягом року) та сезонні (виникають та зберігаються протягом певного сезону року).

Над акваторією Атлантичного і Тихого океанів в холодне півріччя посилюються процеси циклогенезу і активізуються постійні ЦДА – ісландська та алеутська депресії. Влітку ці центри значно слабшають, а алеутська депресія часто об'єднується з сезонним ЦДА – азіатською депресією.

Взимку у позатропічних широтах над охолодженими материками утворюються області високого тиску. Основний максимум знаходиться в центрі Азіатського континенту – азіатський (сибірський антициклон), над Північною Америкою також формується антициклонічна циркуляція (канадський максимум). Влітку на материках в прогрітому повітрі розташовуються області зниженого тиску, найбільш велика з яких – азіатська депресія.

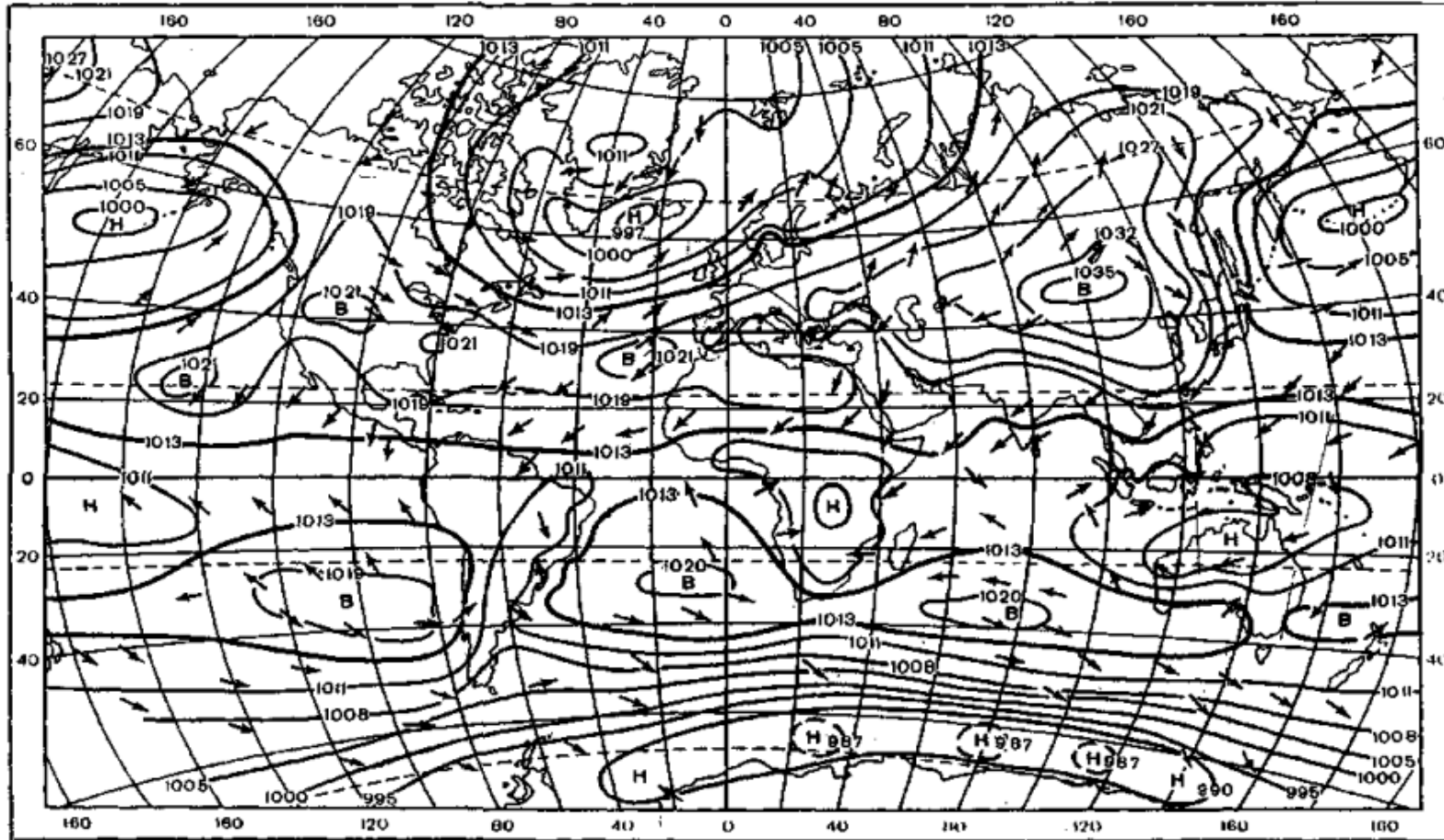


Рисунок 1.1 – Розподіл атмосферного тиску (гПа) і повітряні течії на рівні моря. Січень [2]

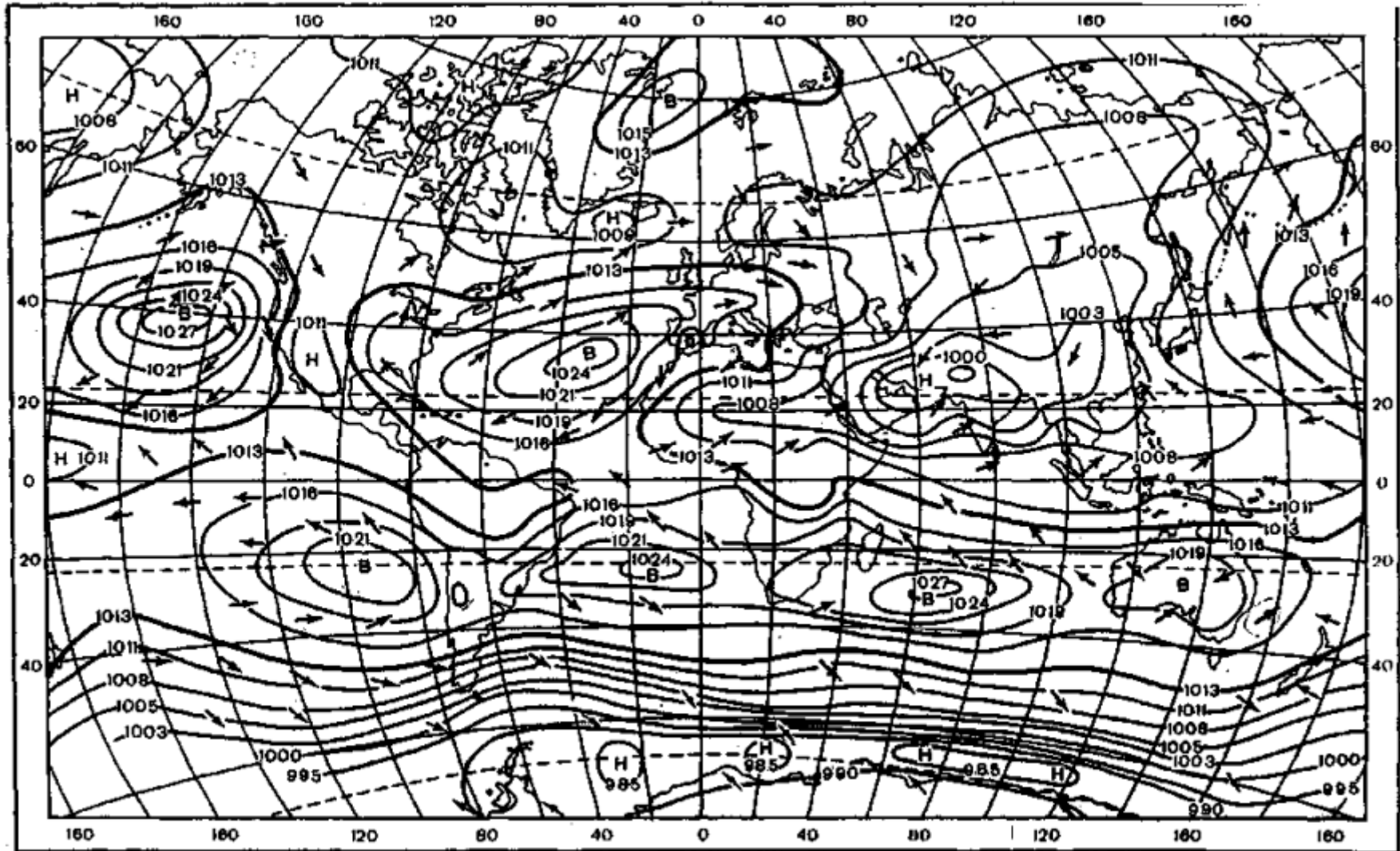


Рисунок 1.2 – Розподіл атмосферного тиску (гПа) і повітряні течії на рівні моря. Липень [2]

У Північній півкулі на широтах 30-35⁰ пн.ш. знаходиться зона максимальних значень тиску – субтропічні антициклони, які представлені основними центрами – азорський антициклон в Атлантиці, гавайський антициклон – в Тихому океані. Ці центри зберігаються протягом всього року, змінюючи тільки свою інтенсивність і райони поширення. В екваторіальній зоні знаходиться пояс зниженого тиску. У січні він розташований вздовж екватора, в липні зміщується дещо до півночі.

В таблицях 1.1-1.2 наведено середні багаторічні значення тиску та координати місцезнаходження ЦДА (широта, довгота) біля поверхні землі та на висоті 500 гПа.

Таблиця 1.1 – Середні багаторічні значення тиску і місцезнаходження ЦДА

ЦДА	Місяць	Середнє положення	Тиск, гПа	Н-500, гПа
Ісландський мінімум	Січень	62° пн.ш., 31° з.д.	997	532
	Липень	63° пн.ш., 27° з.д.	1009	564
Азорський максимум	Січень	35° пн.ш., 28° з.д.	1023	560
	Липень	35° пн.ш., 39° з.д.	1027	588
Алеутський мінімум	Січень	49° пн.ш., 177° с.д.	997	
	Липень	58° пн.ш., 175° с.д.	1010	
Гавайський максимум	Січень	33° пн.ш., 134° з.д.	1021	
	Липень	40° пн.ш., 151° з.д.	1027	
Азіатський (сибірський) максимум	Січень	50 пн.ш., 103° с.д.	1035	540
	Липень	48 пн.ш., 80° с.д.	1012	576

Таблиця 1.2 – Середні багаторічні (1948 – 2004 рр.) значення тиску і місцезнаходження ЦДА в зимовий період

ЦДА	Місяць	Середнє положення	Тиск, гПа
Ісландський мінімум	Січень	61,7° пн.ш., 22,9° з.д.	991,6
	Лютий	61,6° пн.ш., 24,1° з.д.	992,9
	Грудень	62,5° пн.ш., 18,4° з.д.	992,6
	Зима	62,0° пн.ш., 21,8° з.д.	992,4
Азорський максимум	Січень	36,0° пн.ш., 19,9° з.д.	1025,6
	Лютий	35,8° пн.ш., 24,7° з.д.	1025,1
	Грудень	36,7° пн.ш., 18,6° з.д.	1025,0
	Зима	36,2° пн.ш., 21,1° з.д.	1025,2
Азіатський (сибірський) максимум	Січень	49,9 пн.ш., 90,3° с.д.	1041,0
	Лютий	49,7 пн.ш., 92,9° с.д.	1037,8
	Грудень	46,2 пн.ш., 91,1° с.д.	1040,8
	Зима	48,6 пн.ш., 91,4° с.д.	1039,9

З метою детальної та різнобічної характеристики великомасштабних рухів в атмосфері А.Л.Кацем запропонована система індексів, яка дозволяє окремо оцінити зональну і меридіональну циркуляцію, а також їх співвідношення як над півкулею в цілому, так і для будь-якого заданого району. У якості ступеню циркуляції в умовному одиничному шарі атмосфери прийнята середня інтенсивність перенесення маси повітря відповідно у зональному та меридіональному напрямках над певним районом. Для визначеного району зміна зонального потоку маси на обраній ділянці, при середньому для цього району значенні параметру Коріоліса, залежить тільки від коливань середнього градієнту тиску на відрізках меридіанів, включених у цю зону, а меридіонального потоку маси – від середнього градієнту тиску на відрізках паралелей. Ці градієнти виступають індексом зональної I_z і меридіональної I_m циркуляції відповідно. Індеси А.Л. Каца дозволяють обчислити окремі переноси з півдня на північ та з півночі на південь, а також сумарний меридіональний обмін повітрям. Те ж саме відноситься і до індексу зональності. Запропоновані різні сполучення індексів, в тому числі і так званий загальний індекс $I' = I_m/I_z$. Безрозмірний індекс I' показує, в якій мірі інтенсивність зональної циркуляції західно-східного перенесення перевищує інтенсивність міжширотного обміну. Критерієм відношення процесу до зонального типу (ЗОН) є нерівність $I' < 0,75$.

Зональний тип циркуляції. В зональних процесах географічна локалізація гребенів і улоговин через їх значну рухливість і малу амплітуду не має вирішального впливу на загальні характеристики макропроцесу. Різниця між зимовими і літніми картами полягає лише в інтенсивності зональної циркуляції: меридіональні градієнти геопотенціалу при зональних процесах в холодне півріччя значно перевищують такі ж самі для теплої частини року. Ця відмінність обумовлена зменшенням меридіонального температурного градієнту внаслідок суттєвого підвищення до літа температури повітря в помірних і високих широтах.

При зональній циркуляції послаблюється міжширотний обмін, що обумовлює аномалії температури. В холодне півріччя в помірних широтах Євразії формується додатна аномалія температури з осередком над центральним Сибіром. В приполярних районах виникає від'ємна аномалія температури в результаті від'ємного радіаційного балансу.

Для літніх місяців над європейською територією Росії, за винятком крайнього півдня, знак температурної аномалії змінюється на протилежний.

Ця від'ємна аномалія, насамперед, обумовлена перенесенням відносно холодного у літній період океанічного повітря, яке не встигає трансформуватися над континентом.

Зональність також відзначається у розподілі аномалій опадів: у південній частині Європи, охопленій антициклонічною циркуляцією, виділяються зони з дефіцитом опадів. Винятком є прибережні райони Середземного, Чорного і Каспійського морів, де в холодну пору року розміщуються циклонічні центри термічного походження. Інша територія євразійського континенту знаходиться в зоні нормального та збиткового зволоження, лише з тією різницею, що у холодний період року максимальна кількість опадів зміщена у більш північні райони у порівнянні з теплим.

Для меридіональних процесів характеристика географічної локалізації гребенів і улоговин є такою ж важливою, як і ступінь збурення зонального потоку, що характеризує, по суті, інтенсивність меридіональних висотних гребенів і улоговин.

Питання для самоперевірки

1. Поняття загальної циркуляції атмосфери (ЗЦА).
2. Принципи класифікації макропроцесів за А.Л. Кацем.
3. Індeksi циркуляції А.Л. Каца. Східна, Центральна, Змішана, Західна форма циркуляції за А.Л. Кацем.
4. Причини формування зонального переносу в атмосфері і його прояви.
5. Меридіональна циркуляція та її основні компоненти.
6. Чим відрізняється зональний і меридіональний стан атмосфери?
7. Розподіл тиску на рівні моря на Земній кулі.
8. Центри дії атмосфери. Постійні центри дії атмосфери, де вони розташовані?
9. Як сезонні центри дії атмосфери розвинуті взимку над континентами, влітку над континентами?
10. Вкажіть положення екваторіальної депресії влітку та взимку.
11. В яких широтах розташована ПВФЗ, її окремі гілки, влітку, взимку?
12. Як змінюється баричне поле (циркумпольний вихор) в нижній стратосфері в залежності від сезону року?
13. В яких широтах та на яких висотах знаходяться основні максимуми швидкості (струминні течії) в тропосфері та нижній стратосфері?
14. Роль атмосферних вихорів синоптичного масштабу як елементів ЗЦА.

1.2 Практична частина

Приклад визначення багаторічної динаміки тиску та місцезнаходження ЦДА - Ісландський мінімум, січень.

Відомо що, Ісландський мінімум як постійний центр дії атмосфери посилюється взимку і його середнє багаторічне значення тиску в центр і становить 997 гПа. Аналізуючи дані з приземних карт за січень 2020 та 2021 років розрахована середня величина тиску: за січень 2020 року становить 988 гПа, а в 2021 р – 1011 гПа.

Слід відзначити, що середнє значення мінімального тиску в центрі Ісландського мінімуму згідно карт за січень 2021 р. становить 999 гПа. Розрахований середній мінімальний тиск Ісландського мінімуму в січні 2021 року має значення 1011 гПа.

Тобто, порівняно з багаторічним значенням (табл.1.1) тиск в центрі ЦДА знизився на 9 гПа у 2020 році, а у 2021 р. – зріс на 14 гПа. А порівнюючи середнє багаторічне значення тиску за січень з 1948 по 2004рр., коли тиск в центрі становив 991,6 гПа, слід відмітити, що тиск в січні 2020 року знизився на 3,6 гПа, а в січні 2021 року – виріс на 19,4 гПа.

Середнє положення Ісландського мінімум знаходиться в координатах: 62°пн.ш., 31°з.д. Розраховане середнє положення ЦДА за січень в 2020 році - 63° пн..ш., 25° з. д. свідчить про те, що Ісландський мінімум в цьому році просунувся на схід. В січні 2021 року розраховане середнє положення циклону розташовувалось в координатах 61° пн..ш., 29°з.д., що свідчить про наближення його розташування до багаторічного місцезнаходження.

Завдання:

1. Визначити багаторічну динаміку тиску та місцезнаходження постійних та сезонних ЦДА відповідно до варіанту завдання.
2. Проаналізувати атмосферні процеси за обраний період холодного та теплого півріччя (не менше п'яти діб) скласти письмовий огляд.

Вихідні матеріали:

Архів напівсферних карт погоди http://www.aari.ru/odata/_d0010.php

План огляду циркуляції атмосфери і умов погоди над Північною півкулею

1. По картам погоди за перший день обраного періоду в холодну та теплу пору року скласти огляд положення та інтенсивності ПВФЗ і струминних течій в верхній тропосфері. Вказати основні баричні утворення

в тропосфері і у поверхні землі. Підрахувати кількість циклонів та антициклонів в помірних та високих широтах Північної півкулі. Оцінити ступінь розвитку постійних та сезонних центрів дії атмосфери (ЦДА) і вказати їх географічне розташування з порівнянням з кліматичним положенням (табл. 1.1, 1.2) та отримані результати першої частини завдання). Визначити положення ВЗК та наявність тропічних циклонів.

2. В системі ПВФЗ (по картам АТ-500) визначити її гілки, відповідно до географічної класифікації (арктична, помірних широт, субтропічна ВФЗ). Оцінити динамічну значущість різних гілок ВФЗ та вказати райони з найбільш інтенсивними ділянками.

3. Визначити наявність та довжину L (км) довгих хвиль (хвиль Россбі).

Характерною рисою тропосферного циркуляції є наявність у західно-східному перенесенні великомасштабних хвиль тиску і температури, які є причиною меридіональних складових руху повітряних мас, їх перенесення з півдня на північ і навпаки. Існування цих хвиль, їх переміщення або стаціонарування у просторі є однією з головних причин формування великих аномалій погоди. Довжина великомасштабних хвиль вимірюється тисячами кілометрів і зазвичай характеризується так званим хвильовим числом - кількістю хвиль, що укладаються уздовж кола широти на усій півкулі. Американський метеоролог-теоретик Г.Россбі, ім'ям якого ці хвилі тепер називають, вивів фундаментальну залежність швидкості переміщення великомасштабних хвиль в середній тропосфері від їх довжини:

$$C = \bar{U} - \frac{\beta L^2}{4\pi^2} \qquad L = 2\pi \sqrt{(\bar{U} - C)/\beta}$$

де C - швидкість зміщення хвилі вздовж кола широти (позитивна швидкість - із заходу на схід);

\bar{U} - середня швидкість західно-східного переносу;

β - параметр Коріоліса;

L - довжина хвилі.

Розрахунки за наведеною формулою показують, що при заданій швидкості західно-східного перенесення \bar{U} короткі хвилі Россбі мають позитивну швидкість, тобто зміщуються на схід, і чим вони коротші (чим більше хвильове число), тим менше обурений західно-східний перенос. При збільшенні довжини хвиль їх фазова швидкість зменшується і, нарешті, стає рівною нулю (рівність першого і другого членів правій частині формули) - хвилі стають стаціонарними, нерухомими в просторі. При цьому західно-

східний перенос виявляється збуреним існуванням областей потужних меридіональних потоків повітряних мас в передній і тилівій частинах хвиль, де і формуються великі аномалії погоди. Нарешті, ультрадовгі хвилі мають зворотний рух, зі сходу на захід. Саме такі ситуації, які називаються блокуванням західно-східного переносу, часто призводять до формування найбільш великих і тривалих аномалій погоди: сильних холодів взимку і засух влітку.

4. Якісно оцінити райони із зональною та меридіональною циркуляцією атмосфери (по картам АТ-500). Виявити зони блокування зональної течії в тропосфері помірних та високих широт, вказати тип блокуючого поля та супровідні процеси у поверхні землі.

З метою об'єктивного визначення форм меридіональної циркуляції за типізацією А.Л. Каца, розраховують знаки зональних градієнтів АТ-500 на ділянках: Лондон-Київ і Київ-Самара*: Лондон – Н2, Київ – Н3, Самара–Н4.

Використовуючи наступні комбінації різниць H_{500} , встановлюють відповідну форму меридіональної циркуляції: Зах, Сх, Зм, Цт:

- 1) $H_2 - H_3 > 0$ і $H_3 - H_4 > 0$ діагностується форма Зах;
- 2) $H_2 - H_3 < 0$ і $H_3 - H_4 > 0$ діагностується форма Цт;
- 3) $H_2 - H_3 < 0$ і $H_3 - H_4 < 0$ діагностується форма Сх;
- 4) $H_2 - H_3 > 0$ і $H_3 - H_4 < 0$ діагностується форма Зм.

* (географічні координати Самари - $53^{\circ}12'$ пн.ш. и $50^{\circ}06'$ с.д).

5. Дати оцінку змін синоптичної обстановки і умов погоди над різними географічними районами в наступні три дні.

6. Зробити порівняльний аналіз макропроцесів Північної півкулі холодного та теплого періоду року, а саме:

- визначити різницю в синоптичних процесах - порівняти інтенсивність і географічне положення постійних ЦДА та утворення і зникнення сезонних ЦДА;
- порівняти кількість циклонів та антициклонів в різних секторах Північної півкулі для окремих зимових та літніх днів;
- порівняти географічне розташування, інтенсивність ПВФЗ і струмінних течій.

Приклад «Аналізу циркуляції атмосфери і умов погоди» наведено в [4].

Звітні матеріали:

Аналіз багаторічної динаміки тиску та місцезнаходження постійних (сезонних) ЦДА відповідно до варіанту завдання.

Письмовий огляд та порівняльний аналіз атмосферних процесів холодного та теплого півріччя в Північній півкулі.

Варіанти завдання для виконання практичної роботи № 1:

№№	Баричне утворення	Період дослідження
1	Ісландський мінімум	Січень 2016-2022 рр.
2	Ісландський мінімум	Липень 2016-2022 рр.
3	Ісландський мінімум	Грудень 2016-2022 рр.
4	Ісландський мінімум	Лютий 2016-2022 рр.
5	Азорський максимум	Січень 2016-2022 рр.
6	Азорський максимум	Липень 2016-2022 рр.
7	Азорський максимум	Грудень 2016-2022 рр.
8	Азорський максимум	Лютий 2016-2022 рр.
9	Азіатський (сибірський) максимум	Січень 2016-2022 рр.
10	Азіатський (сибірський) максимум	Липень 2016-2022 рр.

Навчально-методичне забезпечення:

1. Семенова І.Г., Нажмудінова О.М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.
2. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Гончарова Л.Д. Кліматологія: підручник, Одеський державний екологічний університет, Одеса, 2013, С.104-106.
3. Івус Г.П., Іванова С.М. Практикум з синоптичної метеорології: навч. пос. Одеса: ТЕС, 2004. 419 с.
4. Методичні вказівки до самостійної роботи з регіональної синоптики для студентів 5 курсу очної та 6 курсу заочної форм навчання за спеціальністю - Метеорологія / Укладач: Семенова І.Г. – Одеса, ОДЕКУ, 2003. 25 с.
5. Основні поняття та методи складання середньострокових прогнозів погоди (рекомендації на допомогу синоптикам). - Київ: УкрГМЦ, 2011. 50 с.
6. Морозова С.В. Комплексный анализ основных центров действия атмосферы северного полушария. Известия Саратовского университета. Серия Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 1, С. 38-44.
7. Долгосрочные метеорологические прогнозы: учебник / Н.А. Багров, К.В. Кондратович и др. Ленинград Гидрометеиздат, 1985. 248 с.
8. Полонский А.Б., Кибальчич И.А. Циркуляционные индексы и температурный режим Восточной Европы в зимний период. *Метеорология и гидрология*. 2015. № 1. С. 5-17.
9. Інформаційний ресурс: електронна бібліотека ОДЕКУ <http://library-odeku.16mb.com>.

2 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема: *Аналіз регіонального процесу циклогенезу*

Метою даної роботи є ознайомлення з особливостями циркуляційних процесів над Україною, типовими траєкторіями переміщення баричних утворень, формування у студентів навичок визначення регіональних особливостей розвитку процесів циклогенезу, що спостерігаються над Східною Європою взагалі, і Україною зокрема.

Після виконання практичного завдання студент має *оволодіти такими вміннями:*

- виявляти особливості розвитку типових синоптичних процесів над Східною Європою;
- визначити тип регіонального синоптичного процесу і причини його утворення;
- визначати основні траєкторії переміщення циклонів на територію України.

1.1 Загальні теоретичні відомості

За кліматичними даними [1], в середньому за рік циклонічна діяльність спостерігається 133 дні.

На території України області низького тиску (циклони та улоговини) становлять близько 42 % усіх баричних утворень. Щорічно спостерігається у середньому 43 циклони та 60 улоговин. Місцевий циклогенез формує у середньому 17 циклонів, найчастіше це відбувається влітку (7 випадків)

У циклонах упродовж всього року середній атмосферний тиск становить 1004 - 1005 гПа. Взимку циклони зміщуються в Україну, у більшості випадків ще не набувши максимального розвитку. Надалі вони поглиблюються і уповільнюють швидкість руху. В інші сезони року надходять циклони, які досягли стадії максимального розвитку, і швидкість переміщення їх зменшується.

У середньому за рік циклонічна діяльність спостерігається 129 - 136 днів. Найбільше число циклонів переміщується над Лісостепом.

Взимку переміщуються циклони, які здебільшого ще не досягли максимального розвитку, в результаті вони часто поглиблюються і сповільнюють рух над територією країни. В інші сезони переміщуються вже розвинуті баричні утворення, які поступово заповнюються над Україною.

Щороку на території України спостерігається в середньому 43 циклони та 60 улоговин, причому 17 циклонів з них належать до місцевих. Наприкінці весни і на початку літа загальна кількість циклонів різко знижується, а влітку циклонічна діяльність знов посилюється за рахунок утворення місцевих циклонів, а також виходу південно-східних циклонів з акваторії Чорного моря.

Поряд з циклонами, найбільша повторюваність належить улоговинам, орієнтованим зі сходу (19 випадків) або півночі (18 випадків). Улоговини часто мають значну тривалість, а пов'язані з улоговинами фронтальні розділи проходять через Україну в середньому за 24-36 год.

На територію України переміщуються циклони західного, південного та північного напрямків траєкторій (табл.2.1). Найбільша повторюваність циклонів всіх типів припадає на холодний період року - з листопада по березень. Циклони формуються над районами Середземного і Чорного морів, Балканським півостровом, долиною р. Дунай та Угорською низовиною, центральними та північними районами Європи, а також районами Малої Азії. Південно-східна частина Чорного моря і Українські Карпати є районами місцевого циклогенезу.

Таблиця 2.1 - Повторюваність циклонів, що переміщуються на територію України

Регіони виникнення циклонів	Період, роки							
	1945-1952		1993-2000		2001-2019		2001-2019	
	Кількість випадків	%	Кількість випадків	%	Кількість випадків	%	Кількість випадків	%
	теплий період (травень – вересень)						холодний період	
I. Захід Чорного моря, Нижньодунайська низовина	18	46	21	38	21	50	28	24
II. Італія, Адріатичне море	7	18	8	14	7	17	36	32
III. Середньодунайська низовина	10	26	12	22	4	9	17	15
IV. Егейське море, Балканський півострів	4	10	13	24	7	17	33	29
V. Мала Азія	-	-	1	2	3	7	1	1
Σ циклонів за період	39	100	55	100	42	100	114	100

Тип синоптичного процесу, район формування та траєкторія, по якій переміщується циклон, формують його термодинамічну індивідуальність і визначають інтенсивність та локалізацію явищ погоди, створюють регіональні особливості їх розподілу. Зміна синоптичного процесу, району формування та траєкторій переміщення циклонів, призводить до зміни територіального розподілу явищ погоди та їх інтенсивності. Дослідженням регіонів формування циклонів та траєкторій їх переміщення в Україну займалися не одне покоління дослідників [Бишкіна Н.Д., Перелет Т.И., Балабух В.О. Прох Л.З., Кулинич С.В.] (рис 2.1).

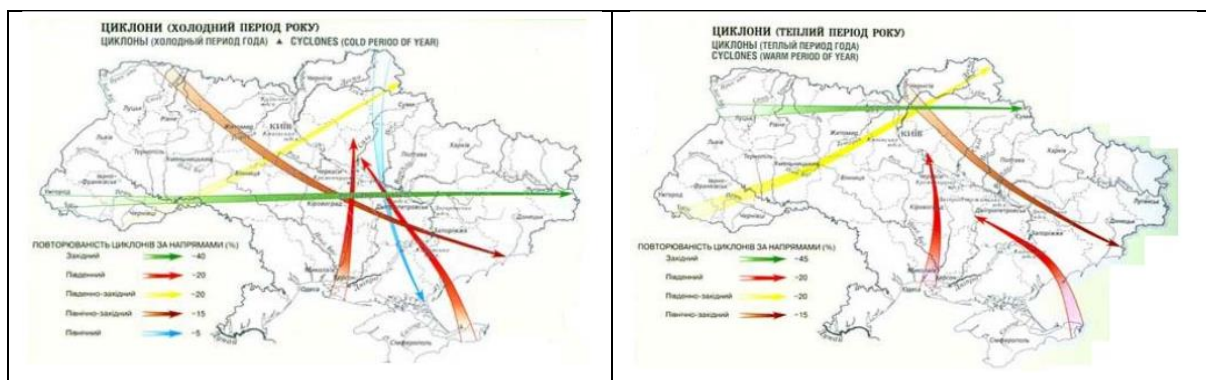


Рисунок 2.1 – Основні траєкторії переміщення циклонів [1]

Богатир Л.Ф. [2 - 5] виявив регіони, з яких циклони переміщуються на територію України, та вперше побудував їх траєкторії, розрахував середню швидкість і мінімальний тиск у центрі циклонів до України, в Україні і за її межами. Визначені траєкторії мали досить схематичний характер, побудовані для циклонів, як холодного, так і теплого періодів року.

Важливо не тільки виявити шляхи переміщення баричних утворень, а й установити яка кількість циклонів переміщується по даній траєкторії.

Баричні утворення низького атмосферного тиску в основному переміщуються із заходу, південного та північного заходу. Найінтенсивнішими і найтривалішими є південні циклони. Місцеві циклони бувають рідше та й тривалість їх значно менша. Південно-східні циклони — це зазвичай місцеві циклони з центром над східною частиною акваторії Чорного моря, які переміщуються на схід країни, або південні циклони, що під впливом південно-східного виступу змінили свою південну траєкторію на східну.

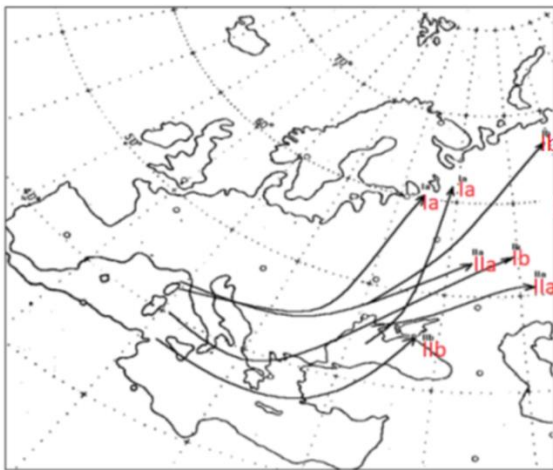
Середня швидкість руху циклонів на території України коливається від $40 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ взимку та восени до $27 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ влітку.

Тривалість циклонічних утворень збільшується від літа до зими, тільки південно-східні та південні циклони мають найбільшу тривалість літом. Південні циклони влітку існують до 57 год, а місцеві — 15 - 18 год

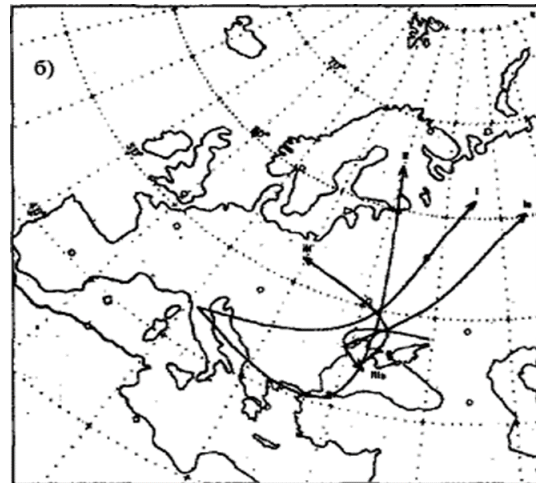
Циклони, які зміщаються на північ з великою південною складовою, називаються *південними*. Для території України - це циклони, які зароджуються над Чорним і Середземним морями і, в більшості своїй, заглиблюються безпосередньо над Україною, викликаючи тут різкі зміни погоди (інтенсивні осадки, завірюхи, штормові вітри, ожеледь, значні коливання температури).

До теперішнього часу відсутня єдина класифікація траєкторій південних циклонів. Звичайно їх траєкторії розділяють: по місцю виникнення, по структурі баричного поля в середньої тропосфері над Європейським континентом (рис. 2.2) , по особливостях положення осі струминної течії, по орієнтуванню висотної фронтальної зони і напрямку переміщення циклонів безпосередньо над територією України.

Зокрема, південні циклони, що впливають істотним чином на погодні умови України, поділяють на генуезькі, балканські, угорські і чорноморські, тобто тут в основу встановлений географічний район їх виникнення.



Типізація Бельської Н.Н



Типізація Богатир Л.Т.

Рисунок 2.2 - Типові траєкторії південних циклонів

Із загального числа південних циклонів, що переміщуються на Україну, 48% з них виникає в західних районах Середземного, а 52% - Чорного морів. При цьому значна їх частина (47%) заглиблюється над Чорним морем і низов'ям Дунаю. Частіше за все (22%) це відбувається в лютому і березні, а також в жовтні (11%).

Загальною ознакою механізму виникнення південних циклонів є меридіо-нальний характер макроциркуляційних процесів, сприяючий формуванню сприятливих для приватного циклогенезу термодинамічних умов.

Таблиця 2.2 - Середній мінімальний тиск і швидкість циклонів, що виходять у регіони України (до виходу їх в Україну, на її території та межами)

Регіон України	Середній мінімальний тиск, гПа			Середня швидкість, км/год.		
	до України	в Україні	за межами України	до України	в Україні	за межами України
холодний період року						
Захід	1003±8	1003±5	1009±7	30±9	25±8	15±8
Північ	1005±1	996±13	1005±10	32±10	26±12	8±2
Південь	1008± 8	1003±6	1012±3	17±8	11±5	6±2
Центр	1013±2	1010±1	1014±3	19±10	15±5	9±1
Схід	1004±3	1007±3	1009±5	36±8	29±10	10±4
теплий період року						
Захід	1005±4	1005±7	1003±2	30±9	18±8	10±8
Північ	1004±3	1004±7	1003±2	32±10	22±12	8±2
Південь	1004± 8	1009±6	1009±2	17±8	11±5	6±2
Центр	1005±3	1003±1	1002±3	19±10	15±5	9±1
Схід	1004±9	1005±9	1000±8	24±8	17±10	10±4

Вихід південних циклонів супроводжується значним збільшенням баричних градієнтів в суміжній з антициклоном зоні, розташованим над центральними або східними районами Східної Європи. Зимом поширені зони хуртовин розповсюджуються вздовж траєкторії в більш північні широти. Характерною особливістю всіх південних циклонів є винесення теплих і вологих повітряних мас з субтропічних районів.

Проходження південних циклонів через територію України супроводжується тривалим погіршенням погодних умов. Взимку спостерігаються штормові вітри і хуртовини, які охоплюють південну половину України, тумани і ожеледь на Донбасі. Такі погодні умови звичайно спостерігаються протягом декількох днів зі змінною інтенсивністю. Навесні і восени спостерігається випадання опадів (звичайно протягом 4-6 днів) зливого характеру, і лише при руйнуванні блокуючого гребеня або зміщенні на схід антициклону вони припиняються. Літом такі циклони нерідко супроводжуються рясними облоговими опадами, а на холодних фронтах і фронтах оклюзії виникають грози, зливи, шквали.

Частка опадів, що доводиться на південні циклони, взимку складає біля 44% в південних районах України і 29% - в північних. Літом вихід південних циклонів відносно рідкий, але опади на теплих фронтах спостерегаються саме при виході південних циклонів на Україну. Імовірність за-сухи на Україні влітку становить всього 3%.

При переміщенні циклонів по першій траєкторії в холодне півріччя в районі Карпат і Закарпатської області опадів випадає в декілька разів більше, ніж над іншими районами України. Ці опади облогового характеру пов'язані переважно з переміщенням паралельних гірському хребту атмосферних фронтів з Угорської низовини на територію України. У теплий період року розподіл опадів, пов'язаний з переміщенням циклонів з південного заходу через Карпати, істотно відрізняється від попереднього. При цьому влітку в районі Лісостепу і Полісся кількість опадів в 5 раз більше, ніж взимку, при меншій повторюваності виходу південних циклонів.

Питання для самоперевірки

1. Надайте загальну характеристику циркуляції атмосфери і типів баричних полів, що спостерегаються протягом року над Східною Європою і територією України.
2. Які траєкторії циклонів відносяться до західних? В яких географічних районах утворюються західні циклони Європи?
3. Які основні риси має термобаричне поле, сприятливе для виникнення західних циклонів?
4. Які погодні умови і явища, в тому числі й стихійно небезпечні, характерні західним циклонам?
5. Які траєкторії циклонів відносяться до південних?
6. В яких географічних районах утворюються південні циклони, що виходять на територію України?
7. Які основні риси має термобаричне поле, сприятливе для виникнення південних циклонів? В який період року їх повторюваність вища і чому?
8. Які погодні умови і явища, в тому числі й стихійно небезпечні, спостерегаються при переміщенні південних циклонів на територію України?
9. Які траєкторії циклонів відносяться до пірнаючих? Які типи пірнаючих циклонів виділяють відповідно до географічних районів їх утворення і характеру траєкторії переміщення?

10. Які погодні умови і явища, в тому числі й стихійно небезпечні, виникають при пірнаючих циклонах?

1.2 Практична частина

Завдання:

2.1. За районом виникнення, траєкторією переміщення і характером еволюції баричного утворення визначити його тип за відомими класифікаціями.

2.2. Провести аналіз повторюваності різних типів траєкторій південних циклонів над територією України для теплого та холодного періодів за обрані роки. Скласти огляд синоптичного процесу переміщення на територію України південного циклону.

Вихідні матеріали:

Вихідними матеріалами для аналізу синоптичних процесів та складення огляду є комплекти карт погоди (приземних і висотних), які складені за даними спостережень за 00 СГЧ за послідовні дати: <https://www1.wetter3.de/archiv ukmet dt.html>.

Виконуючі аналіз розвитку регіонального синоптичного процесу, необхідно висвітлити такі основні моменти:

- розглянути основні синоптичні процеси біля поверхні землі, що спостерігаються в Атлантико-Європейському секторі в перший день розглядаємого періоду. Визначити стадії розвитку існуючих циклонів і антициклонів, розташування і активність атмосферних фронтів, а також райони, де можливо виникнення нових баричних утворень. Особливу увагу слід звернути на те баричне формування, яке буде в подальшому розвиватися і визначати погодні умови регіону на протязі деякого періоду (не менш ніж 3 доби);

- протягом обраного періоду простежити розвиток окремого циклону (антициклону), який в процесі еволюції пересувається територією України. Звернути увагу на еволюцію висотного термобаричного поля, яка відбувається під впливом процесу, який розглядається і сама сприяє його розвитку, а також визначити динамічні та термічні фактори, що обумовлюють фази розвитку баричного утворення. Розглянути погодні умови, які спостерігались при пересуванні циклону (антициклону) через

виділений регіон, дати оцінку можливості і райони виникнення небезпечних явищ погоди, пов'язаних з цим баричним утворенням.

Виявляють найхарактерніші риси в розвитку синоптичних процесів, а саме: зональність або меридіональність атмосферних процесів, вихід на досліджувану територію південних циклонів, процеси цикло- та антициклогенезу, фронтальну діяльність, тощо. Після опису основного процесу та причин, що обумовили його розвиток (термічний та динамічний фактори еволюції баричного поля), дається 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 за першу добу періоду, що розглядається: встановлюється відповідність переміщення фронтів та приземних баричних центрів щодо ведучого потоку, відповідність еволюції циклонів та антициклонів щодо структури висотного термобаричного поля і типових стадій їх розвитку, відповідність розподілу метеорологічних характеристик (особливо хмарних систем) в зонах атмосферних фронтів їх типовим розподілам.

Огляд атмосферних процесів за допомогою карт погоди дається приблизно за такою схемою:

- положення баричного центру на поверхні землі (при цьому використовують назви окремих пунктів, географічних об'єктів або географічних координат), територія, що 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;
- стадія розвитку циклону або антициклону;
- погода в області баричного утворення.

Після огляду атмосферних процесів дається характеристика висотної фронтальної зони (ВФЗ) та атмосферних фронтів, що з нею пов'язані. При цьому на картах ВТ визначаються такі характеристики ВФЗ:

- орієнтування ВФЗ в просторі та її інтенсивність (в гп.дам чи °С на 1000 км), причому виділяється ділянка з найхарактернішими контрастами;
- порівнюється положення та активність ВФЗ за поточний та попередній строки і визначаються причини змін розташування та інтенсивності ВФЗ;
- по картах за останній строк приземні атмосферні фронти узгоджуються з ВФЗ.

Для характеристики фронтальних розділів треба вказати:

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

В цій частині огляду, крім даних про географічне положення та переміщення синоптичних об'єктів, про розподіл метеорологічних величин, стадії розвитку циклонів і антициклонів, повинен обов'язково бути аналіз виявлених закономірностей в розвитку процесу та їх відмінність від стандартних моделей:

- побудувати гістограми повторюваностей;
- для кожної із траєкторій циклонів, що досягали території України визначити значення тиску від початку та до кінця траєкторії;
- на карті Європи побудувати траєкторії переміщення баричних утворень через територію України від району зародження до району заповнення;
- визначити за якою траєкторією за Ван-Баббером переміщалися циклони.

Приклад «Аналізу розвитку регіонального синоптичного процесу» наведено в [6, 7].

2.2. За відібраними випадками розрахувати повторюваність (%) різних типів траєкторій південних циклонів, що досягають території України в тепле та холодне півріччя, визначити за якою траєкторією за класифікацією Бельської Н.Н. переміщалися південні циклони; зробити короткий аналіз отриманих результатів.

Для більш точного визначення траєкторії переміщення циклону можна скористуватися сервісом https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php.

Побудову траєкторії слід виконувати у наступній послідовності:

- ✓ *переходимо по посиланню:* https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php
 - ✓ *обираємо архів траєкторій:* Compute archive trajectories
 - ✓ *всі параметри залишаємо за замовчуванням, натискаємо кнопку:* next
 - ✓ *задаємо пункт розрахунку за одним із запропонованих варіантів, натискаємо кнопку:* next
 - ✓ *в архівному файлі обираємо необхідний часовий інтервал, натискаємо кнопку:* next
 - ✓ *вказуємо розрахункові параметри:*
 - a) Trajectory direction: зворотній напрямок траєкторії Backward
 - б) Start time (UTC): дату і час МСЧ
 - в) Total run time (hours): часовий інтервал траєкторії 24 години
 - г) Level 1, 2 height: рівні висоти побудови траєкторії 0 та 1500 м.
 - д) Plot meteorological field along trajectory?: змінити на yes для виводу значення параметрів на діаграму
 - е) Dump meteorological data along trajectory: обираємо AIR_TEMP
- *натискаємо кнопку:* Request trajectory (only press once!)

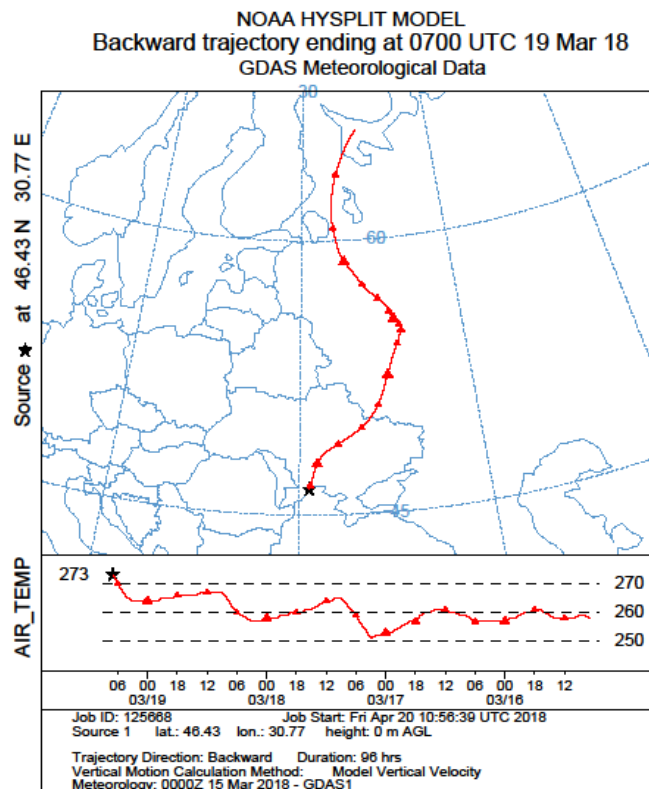


Рисунок 2.2 - Приклад. Траєкторія переміщення повітряної маси 07 МСЧ 19.03.2018 р.

Навчально-методичне забезпечення:

1. Клімат України / Ліпінський В. М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Київ: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
2. Семенова І.Г., Нажмудінова О.М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.
3. Бельская Н.Н. Южные циклоны и условия их перемещения на Европейскую территорию СССР. Труды ЦИП. 1949. Вып. 17 (44). С. 64-113.
4. Балабух В.О. Траєкторії циклонів, що зумовлюють небезпечну і стихійну кількість опадів в Україні у теплий період року. Наук. Праці УкрНДГМІ. 2004. Вип. 253. С.103-119.
5. Богатырь Л.Ф. Распределение осадков по территории Украины при прохождении циклонов различных траекторий. Труды УкрНИГМИ. 1957. Вып. 7. С. 37-49.
6. Методичні вказівки "Аналіз розвитку регіонального синоптичного процесу" / Семенова І.Г. Одеса, ОДЕКУ, 2003. 12 с.
7. Івус Г.П., Іванова С.М. Практикум з синоптичної метеорології: навч. пос. Одеса: ТЕС, 2004. 419 с.
8. Інформаційний ресурс: електронна бібліотека ОДЕКУ <http://library-odeku.16mb.com>.

3 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема: Аналіз регіонального процесу антициклогенезу

Метою даної роботи є ознайомлення з особливостями циркуляційних процесів над Україною, типовими траєкторіями переміщення баричних утворень, погодними умовами, які вони характеризуються.

Після виконання практичного завдання студент має оволодіти такими вміннями:

- виявляти особливості розвитку типових синоптичних процесів над Східною Європою;*
- визначити тип регіонального синоптичного процесу і причини його утворення;*
- визначати основні траєкторії переміщення антициклонів на територію України.*
- визначати характерні відмінності між синоптичними процесами теплого та холодного періоду року в різних регіонах України.*

3.1 Загальні теоретичні відомості

Антициклонічна діяльність у межах окремих регіонів є складовою загальної циркуляції атмосфери і перебуває в тісній взаємодії з глобальними процесами.

За кліматичними даними [1], в середньому за рік антициклонічна діяльність спостерігається 236 днів. Тобто для півдня Східної Європи антициклонічний характер циркуляції є важливою складовою у формуванні погодних умов протягом року. Антициклонічна діяльність має найбільшу повторюваність восени, циклонічна переважає взимку та навесні. Антициклони, відроги і гребені відмічаються над Україною дещо рідше, ніж циклони і улоговини. Щорічно в кожному сезоні на територію України переміщується 5-7 антициклонів різних типів траєкторій, та утворюється від 1 до 4 місцевих антициклонів. Найчастіше переміщуються антициклони із заходу та південного заходу, особливо влітку і восени. Це, як правило, ядра азорського антициклону, що відділилися, або антициклони, що утворилися над Західною Європою. Вони виникають і рухаються із заходу на схід в тилу серій західних циклонів, які зміщуються північніше від України.

Б.П.Мультиановський виділив три вісі зміщення антициклонів: західну, полярну та ультраполярну. І.Н.Пономаренко [2 - 4] визначив райони формування антициклонів, які зумовили різноманіття шляхів їх переміщення. Автор виділив чотири групи траєкторій: північно-західну, західну, південно-західну та північносхідну. Кожна з цих груп має свої траєкторії переміщення. Порівнюючи місця формування антициклонів за І.Н.Пономаренком, виявилось за доцільне додати ще два райони. Так, початком траєкторії руху більшості південно-західних антициклонів є регіон Середньо- та Нижньодунайської низовини та оточуючих їх гірських масивів. Ще одним регіоном формування північнозахідних антициклонів є район Скандинавії та Балтійського моря. Таким чином, до першого регіону віднесено Північну Атлантику; другий регіон – це Центральна та Південна Атлантика, тобто район поширення Азорського максимуму; у третій регіон включили Скандинавію та Балтійське море; четвертий – це Центральна Європа; до п'ятого віднесли Дунайські низовини та оточуючі їх гірські масиви; Середземномор'я ми виділили в шостий регіон; майже вся Україна ввійшла в сьомий регіон; до восьмого віднесли Чорне та Азовське моря з прилеглими територіями та Кавказ; дев'ятий регіон – це переважно Європейська частина Росії; Арктика – це десятий регіон формування антициклонів.

Розглянемо окремі траєкторії переміщення та їх особливості [5 - 7] .

Найбільше антициклонів (понад 41%) зароджується на заході і зміщувалось із заходу на схід. Це переважно утворення, що формувались у межах Азорського максимуму як окремі ядра.

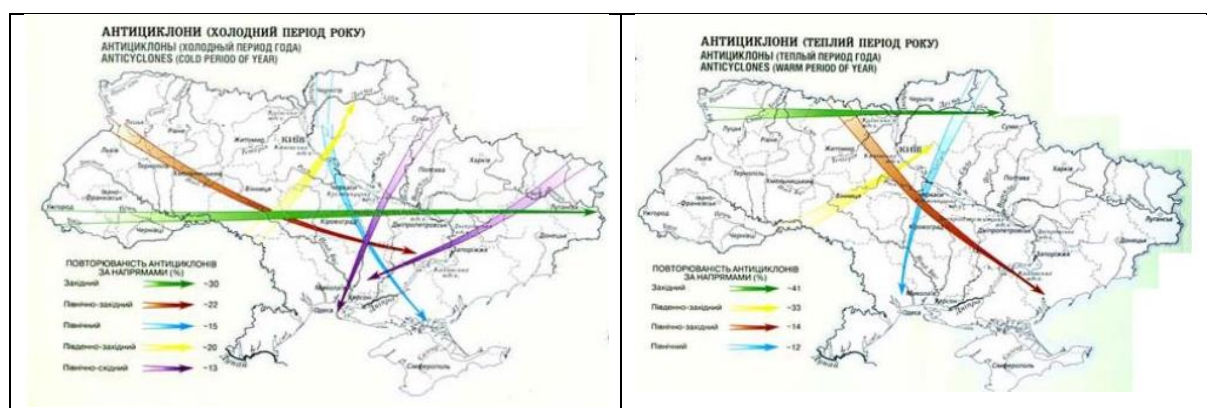


Рисунок 3.1 – Основні траєкторії переміщення антициклонів циклонів [1]

В середньому по 5 антициклонів на рік, або 27 %, зміщуються з північного заходу. Це переважно антициклони, що сформувалися над Гренландією, Північною Атлантикою та Скандинавією, хоча приблизно 20% з них – це ядра Азорського максимуму, що прямують до Скандинавського півострова, а там змінюють свій напрямок. По проходженню територією України чітко видно два шляхи: один на південь до Чорного моря та Балкан, а другий на схід, у бік Каспійського моря.

Антициклони, що рухаються з півночі на південь у меридіанному напрямку, становлять 14 % баричних утворень підвищеного тиску з усіх, що утворилися за межами України та проходять по ній своїм центром., тобто 2–3 антициклони на рік. Це антициклони, які формуються в Арктичному регіоні (32 %), над Скандинавією та Балтійським морем (30 %), на півночі Атлантики та Європейської Росії (по 19 %).

З південно-західною траєкторією на територію України зміщується 13% від усієї кількості антициклонів. Більшість з них формується в басейні Дунаю, проходить територією нашої держави і йде на Південний Урал. Цією ж траєкторією на Україну рухаються антициклони з Середземномор'я. Узагалі антициклони з південного заходу можна вважати "літніми" – 67 %.

По північно-східній траєкторії на територію України зміщується лише 3–4% антициклонів.

Разом з просторовими коливаннями антициклональної діяльності на території України існує також і часова мінливість. Так, у теплу половину року на 22 антициклони було більше, що становить лише 2,8%. Але таке зростання кількості антициклонів пов'язане з місцевим антициклогенезом – 28 % антициклонів, що виникають на території України у тепле півріччя, місцевого походження. У холодну половину року таких баричних центрів підвищеного тиску над Україною утворюються лише 22%. Половина місцевих антициклонів руйнуються на місці протягом 1–3 діб, а решта зміщується за межі території України, причому у 83 % переважає західна складова.

На території України трапляється в середньому 26 антициклонів на рік, 6–7 з них місцевого походження. Переважна кількість антициклонів зміщується із заходу та північного заходу, і їх кількість практично не змінюється протягом року. До антициклонів холодного півріччя можна віднести північні та східні, до теплого – південно-західного напрямку. Атмосферна циркуляція взимку характеризується інтенсивним тропосферним і стратосферним перенесенням повітряних мас, активізацією

циклонічної та антициклонічної діяльності в позатропічних широтах і формуванням аномалій погоди в різних секторах Північної півкулі. Основною причиною посилення атмосферних процесів є зростання в зимовій півкулі великомасштабних градієнтів температури і тиску між полюсом та екватором, між материками та океанами. Характерними для зими макропроцесами є формування континентальних антициклонів і посилення циклонічної діяльності в північних районах Атлантичного та Тихого океанів, над Середземним морем та іншими незмерзлими морями помірних широт. В низьких широтах спостерігається зміщення на південь субтропічних антициклонів та пересування в зону екватора внутрішньотропічної зони конвергенції (ВЗК).

Влітку, на відміну від зимового сезону, в позатропічних широтах над континентами переважає циклонічна діяльність, над океанами – антициклонічна. Баричні утворення значно послаблені, глибоких циклонів практично не спостерігається. Порівняно з зимовим сезоном арктичний і полярний фронти, а також ВЗК зміщені в більш високі широти. Тропосферні фронти у поверхні землі слабо виражені в полі основних метеорологічних величин, а на висотах градієнти температури та тиску в цілому менше ніж взимку.

Питання для самоперевірки

1. Надайте загальну характеристику і сезонні особливості антициклонічної діяльності над Східною Європою та Україною.
2. Які траєкторії антициклонів відносяться до західних? В яких географічних районах утворюються західні антициклони?
3. Які основні риси має термобаричне поле, сприятливе для виникнення західних антициклонів?
4. Які траєкторії антициклонів відносяться до північно-західних? В яких географічних регіонах вони утворюються?
5. Які основні риси має термобаричне поле, сприятливе до виникнення і переміщення на територію України північно-західних антициклонів?
6. Які синоптичні процеси передують утворенню північно-західних антициклонів? В який період року їх повторюваність вища?
7. Які траєкторії антициклонів відносяться до ультраполярних? В яких географічних регіонах вони утворюються і в який період року?

8. Які основні риси має термобаричне поле, сприятливе для виникнення і переміщення на територію Східної Європи ультраполярних антициклонів?

9. Які погодні умови і явища, в тому числі й стихійно небезпечні, притаманні ультраполярним антициклонам?

10. З якими синоптичними процесами пов'язано розповсюдження гребенів на територію України зі сходу або південного сходу? Які погодні умови супроводжують такі ситуації?

11. За яких загально-синоптичних умов і в якій місцевості виникають найбільш сприятливі умови для формування місцевих антициклонів, в тому числі й на території України

3.2 Практична частина

Завдання:

Провести синоптичний аналіз та скласти огляд синоптичного процесу переміщення на територію України антициклону.

Приклад «Аналізу розвитку регіонального синоптичного процесу» наведено в [8].

Навчально-методичне забезпечення:

1. Клімат України / Ліпінський В. М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Київ: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
2. Пономаренко И.Н. Барико-циркуляционный режим юга Европейской территории СССР и некоторые особенности погодных условий сезонов. *Тр. УкрНИГМИ*. 1958. Вып. 12.
3. Пономаренко И.Н. Миграция антициклонов у широтных горных хребтов Европы и Средней Азии. *Метеорология и гидрология*. 1953. № 5.
4. Пономаренко И.Н. Синоптические условия перемещения антициклонов по Украине и юго-востоку Европейской части СССР и их основные погодные характеристики. *Тр. УкрНИГМИ*. 1956. Вып. 5.
5. Семенова І.Г., Нажмудінова О.М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.
6. Семенова І.Г. Циклони і антициклони помірних широт: конспект лекцій. Одеса: ТЕС, 2010. 80 с.
7. Кивганов А.Ф., Голощак О.П. Антициклоны Восточной Европы. *Метеорология, климатология и гидрология*. 1998. Вып. 35. С. 81-90.

8. Методичні вказівки "Аналіз розвитку регіонального синоптичного процесу" / Семенова І.Г., Одеса, ОДЕКУ, 2003. 12 с.
9. Інформаційний ресурс: електронна бібліотека ОДЕКУ <http://library-odeku.16mb.com>.
- 10 Комплекти карт погоди (приземних і висотних), які складені за даними спостережень за 00 СГЧ за послідовні дати
https://www1.wetter3.de/archiv_ukmet_dt.html,
https://www1.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html,
http://old.aari.ru/odata/_d0010.php

4 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема: Аналіз блокуючих процесів в атмосфері

Метою даної роботи є ознайомлення визначення процесу блокування. Виявити та дослідити блокуючий процес над Україною..

Після виконання практичного завдання студент має *оволодіти такими вміннями:*

- *виявляти особливості розвитку типових синоптичних процесів над Східною Європою, що призводять до процесу блокування;*
- *визначити тип процесу «блокінг» і причини його утворення;*
- *визначати аномальні погодні умови, які пов'язані з блокуючими антициклонами взимку, влітку.*

4.1 Загальні теоретичні відомості

Одним з випадків високого, масштабного та малорухомого антициклону є блокуючий антициклон. Зазвичай антициклон або гребінь, що зародився в арктичному регіоні, швидко розвивається, і переміщуючись у південносхідному напрямі, поступово починає руйнуватися, поглинаючись субтропічною зоною високого тиску. Типова швидкість пересування антициклонів становить 10-15° широти за добу (40-60 км/год). Блокуючі антициклони можуть розвиватися по-різному, але швидкість їх переміщення не перевищує 20 км·год⁻¹.

Загальними синоптичними ознаками, характерними для блокуючої ситуації, є такі: існування малорухомого, високого, теплого антициклону; розвиток меридіонального типу циркуляції, який характеризується однією з трьох форм: „диполем”, „омега-подібним” гребенем або меридіональним гребенем (рис.4.1); просторова протяжність блокуючої системи повинна становити не менше 35-45° довготи; антициклон або гребінь повинні розташовуватися північніше за 30° широти; ситуація повинна зберігатися протягом певного інтервалу часу, який, зазвичай, становить не менше трьох діб.

У Північній півкулі виявлені три області з максимальною повторюваністю блокування: над північно-східними районами Тихого і Атлантичного океанів і на півночі Уральських гір.

Повторюваність блокування коливається від 14 до 30 випадків на рік, в середньому складає 20 випадків на рік. Блокуючі антициклони можуть розвиватись у зоні від 34 до 80° півн.ш. Найчастіше вони спостерігаються в

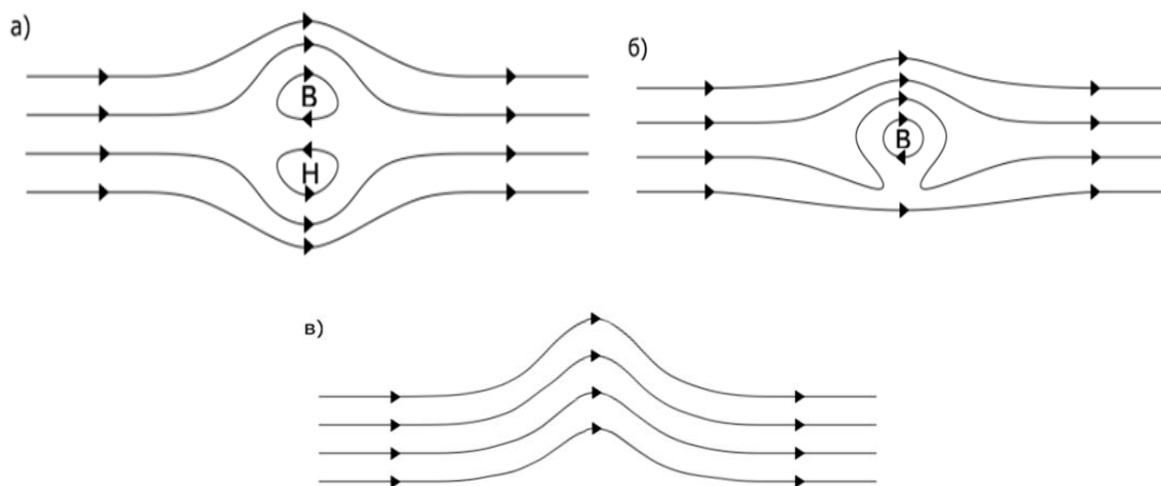


Рисунок 4.1- Типи процесів блокування в полі геопотенціалу 500т гПа:
а) „диполь”; б) „омега-подібний” гребінь; в) меридіональний гребінь

зоні $55-59^{\circ}$ півн.ш. В цілому за рік найбільша повторюваність блокування над Атлантичним океаном спостерігається в районі $5-10^{\circ}$ зах.д. Над Європою максимальна повторюваність блокування відмічається в районі $25-35^{\circ}$ сх.д., і в межах України. Над Атлантичним океаном максимальна повторюваність блокування відмічається навесні (березень-травень), мінімальна – влітку (липень-вересень). Над Уралом максимум спостерігається навесні і літом, мінімум – восени і зимою.

Над Атлантико-Європейським регіоном мінімальна тривалість блокування коливається від 5 днів взимку та весною, до 7 днів влітку. Взимку і навесні тривалість блокуючого процесу може перевищити місяць (1-2% випадків).

Найбільш загальними синоптичними ознаками, характерними для блокуючої ситуації, є такі:

- існування малорухливого, високого, теплого антициклону;
- розвиток меридіонального типу циркуляції, що характеризується однією з трьох форм: диполем, омега-подібним гребенем або меридіональним гребенем;
- просторова протяжність блокуючої системи повинна складати не менш $35-45^{\circ}$ довготи;
- антициклон або гребінь повинні розташовуватися північніше за 30° широти.

Така ситуація повинна зберігатися протягом певного інтервалу часу, який зазвичай, становить не менше 3-х діб.

Характерною особливістю блокуючих антициклонів всіх типів є їх безперервна регенерація, яка обумовлена надходженням холодних мас повітря, як правило, в тилу циклонів, що зміщуються по східній периферії висотного гребеня.

Для оцінки інтенсивності та тривалості блокування К. Росбі, Б. Болін та Д. Рекс пропонували кількісні характеристики, які є об'єктивними для опису блокувального процесу (блокінгу). Одним із найпоширеніших критеріїв для оцінки інтенсивності й тривалості блокінгу є запропонований С. Тібальді та Ф. Монтені індекс (ТМ), який дозволяє розрахувати градієнти геопотенціальної висоти уздовж певного відтинку меридіану. Г. Ль'єнас і Г. Окланд ввели зональні індекси для оцінки характеристик блокувальних ситуацій в Атлантичному та Тихоокеанському секторах північній півкулі.

Алгоритм об'єктивної ідентифікації блокування передбачає використання аномалії висоти геопотенціалу H_{500} (відхилення висоти геопотенціалу H_{500} від середніх багаторічних значень у вузлах регулярної сітки) та різниці висоти геопотенціалу H_{500} між 40° та 60° пн. ш. Ці індекси дозволяють виявити епізоди секторного та локального блокування. Блокування в точці ідентифікується за умови, коли додатні аномалії лапсасіана геопотенціалу перевищують граничне значення і зберігаються не менше ніж 5 днів підряд. За тривалості понад 10 днів допускається до 2 днів перерви. За граничне значення прийнято стандартне відхилення величини висоти геопотенціалу H_{500} . Різницю висоти геопотенціалу H_{500} між 40° та 60° пн. ш обчислювали за індексом Льєнаса-Окланда

$$LO(\varphi) = H_{500}(40^\circ) - H_{500}(60^\circ) \quad (4.1)$$

Вважається, що на довготі φ є блокування, коли виконується умова $LO(\varphi) < 150$ гпм.

Інтенсивність блокування визначали за допомогою індексу Bi (Blocking intensity), що використовується для кількісної оцінки мінливості висоти геопотенціалу H_{500} та визначення потужності зонального потоку щодо меридіонального в області блокування. Значення Bi обчислювали шляхом нормалізації центрального максимального значення висоти геопотенціалу щодо двох мінімальних значень у замкнутій області або на осі гребеня на тій же широті, де спостерігається блокування, за формулою:

$$Bi = 100 \left[\left(\frac{MZ}{RC} \right) - 1,0 \right] \quad (4.2)$$

- де MZ – максимальне значення геопотенціалу на 500 гПа в замкнутій антициклональній області або на осі гребеня;

$$RC = \frac{\frac{(Z_u + MZ)}{2} + \frac{(Z_d + MZ)}{2}}{2} \quad (4.3)$$

де - Z_u та Z_d – мінімальні значення геопотенціалу на 500 гПа на осі улоговини за і проти потоку щодо центру блокування.

Значення індексу Bi коливається в межах від 1 до 10. Якщо $Bi \leq 2,0$ – відмічається слабка інтенсивність блокування, $2,0 \leq Bi < 4,3$ – помірна, $Bi \geq 4,3$ – потужна.

Синоптичний метод виявлення блокуючих процесів в атмосфері заснований на вимозі одночасного виконання ряду умов:

- 1) існування малорухливого високого антициклону;
- 2) розвиток меридіонального типу циркуляції, що характеризується однією з трьох форм: розщепленим західним потоком (диполем в баричному полі на півночі ($\sim 60^\circ$ півн.ш.) антициклон, на півдні ($\sim 40^\circ$ півн.ш.) - циклон, омегаподібного або меридіональним гребенем;
- 3) просторова протяжність блокує системи - $35-45^\circ$ довготи;
- 4) розташування антициклону або гребеня на північ від 30° півн.ш.;
- 5) збереження такої ситуації протягом певного інтервалу часу.

Блокування може бути пов'язано з особливостями обтікання поверхні (блокування меридіонального типу), з великомасштабної нестійкістю зонального потоку, що приводить до утворення потужної системи взаємодіючих антициклону і циклону (блокування розщеплюється типу), або потужного гребеня і двох циклонів (Омега-блокування).

Блокування з розщепленням ліній струму в основному спостерігається над Атлантикою і Євразією, блокування меридіонального типу практично завжди в районі Уральських і Скелястих гір.

Наявність двох приблизно однакових за інтенсивністю антициклону на півночі і циклону на півдні легко визначена з позицій класичної гідродинаміки.

Якщо є два точкових вихори з рівними по величині і протилежними за знаком інтенсивностями $C_1 = -C$; $C_2 = C$; $C > 0$ на відстані d (так звана пара вихорів), то ця конфігурація є рівноважною. При цьому вихори рухаються перпендикулярно прямий, яка їх з'єднує, зі швидкістю $U = C / 2\pi d$.

Якщо така конфігурація знаходиться в зональному потоці з постійною швидкістю, рівною за величиною, але протилежного у напрямку швидкості руху вихорів, то вихорова пара буде нерухома відносно поверхні.

Основна причина блокування такого типу - нестійкість струменевої течії (передусє блокування). В деякому поперечному перерізі струменя відбувається зменшення меридіонального градієнта абсолютного вихору $\eta = \omega + f$, (ω - відносний вихор, f - параметр Коріоліса ($f = 2\Omega \times \sin\varphi$, Ω - кутова швидкість обертання Землі, φ - широта). це, як наслідок, викликає генерацію антициклонічною завихренности ($\omega < 0$) на півночі і такого ж по модулю циклонічної завихренности на півдні, так щоб сумарний вихровий заряд $C_1 + C_2 = \iint \omega dS$ залишався рівним нулю.

Омега блокування має пов'язане з нестійкістю струминної течії. Поле відносного вихору при омега блокуванні представимо трійкою вихорів $\chi_1 = -\chi$; $\chi_2 = \chi_3 = \chi/2$. Трійка є рівноважною, якщо вихори розташовані в вершинах правильного трикутника зі стороною r , і рухається як єдине ціле в напрямку прямої, що з'єднує вихори χ_2 та χ_3 зі швидкістю $U = \chi \sqrt{3} / 4\pi r$.

У зональному потоці зі швидкістю, що дорівнює за величиною, але протилежної по напрямку швидкості руху вихорів така трійка вихорів стаціонарна щодо поверхні.

Існують різні моделі блокування. Нез'ясованою до кінця залишається роль вихорів синоптичного масштабу (з часом порядку тижня й менше) в формуванні, розвитку і дисипації блокуючих структур.

Ряд моделей передбачає, що формування блокування можливо навіть при повній відсутності передачі енергії від синоптичних вихорів до більш повільним. причиною розвитку блокінг може бути баротропного або змішана баротропно-бароклінная нестійкість.

В інших же моделях синоптичні вихори істотні для формування і розвитку блокінга, будучи джерелом енергії для гальмування зонального потоку. Окремі моделі «блокінг» не враховують неадіабатичних джерела і стоки енергії в системі, хоча неадіабатичних процеси істотні для формування і розвитку блокінга.

Льєнасом і Оклендом (1983) був запропонований простий метод діагностики блокування.

При звичайному зональному перенесення в тропосфері середніх широт Північної півкулі меридіональний градієнт геопотенціала направлений в сторону екватора. Причому найбільша величина градієнта в широтному

поясі 40-60° пн.ш. згідно з критерієм Льєнаса-Окланда блокування здійснюється за умов

$$I(\lambda) = H(\lambda)_{40^\circ \text{ пн.ш.}} - H(\lambda)_{60^\circ \text{ пн.ш.}} < 0 ; \quad (4.4)$$

$$\frac{I(\lambda - 10^\circ) + I(\lambda) + I(\lambda + 10^\circ)}{3} < 0,$$

протягом не менше 5 діб. Тут H - висота ізобаричної поверхні 500 гПа на довготі λ за широтними колами для кожних 10° довготи, λ - довгота, $I(\lambda)$ - індекс Льєнаса-Окланда.

В середньому за рік відмічається сім випадків процесів блокування. Така кількість відповідає повторюваності блокувальних процесів над континентальним регіоном Євроатлантичного сектора північної півкулі (табл. 4.1). Тобто, усі блокувальні процеси в цьому регіоні впливають на погоду в Україні та зумовлюють на її території екстремальні явища погоди

	Кількість блокувальних процесів за рік	Тривалість блокування, дні		Інтенсивність блокування (B_i)	
		середня	максимальна	середня	максимальна
атлантичний	13	9	18	3,3	5,0
континентальний	7	8	14	2,6	3,7

Протягом року середня за сезон кількість блокувальних процесів суттєво не змінюється і становить 1-2 випадки. Блокувальні процеси переважають у весняно-літній період, їх максимум відмічено влітку.

Узимку та восени таких процесів буває дещо менше. При цьому для блокінгів, що зумовлюють аномальні погодні умови в Україні, характерна більша повторюваність узимку, особливо в січні. Максимальна за сезон кількість небезпечних для України блокувальних процесів може сягати 4-6 випадків за рік.

Середня за сезон тривалість блокувальних процесів, що зумовлюють аномальні погодні умови в Україні коливається від 6 днів восени до 10 днів і більше влітку. Найтриваліші процеси блокування відмічено в літні та весняні місяці, коли їхня максимальна тривалість може сягати близько місяця (25-30 днів).

Узимку блокувальний процес у середньому також триває близько 9 днів, проте максимальна тривалість дещо менша, ніж влітку – 18 днів.

Винятком є січень. У цьому місяці відмічено значну кількість блокувальних процесів, максимальна тривалість яких 25 і більше днів.

Блокувальні процеси, що зумовлюють аномальні погодні умови в Україні, мають помірну інтенсивність. Найінтенсивнішим блокуванням буває взимку: середнє за сезон значення індексу B_i – 3,2, а максимальне – 5,5. У цей період хоча й переважають процеси помірної інтенсивності, проте, як свідчать максимальні значення індексу B_i , можуть бути й потужні процеси, передусім у грудні та січні.

У теплий період інтенсивність блокування зменшується і влітку переважають процеси слабкої інтенсивності – середнє за сезон значення індексу B_i – 1,7.

Блокувальні процеси належать до основних синоптичних процесів, що формують тривалі посухи в Україні у теплий період. При тривалих додатних аномаліях геопотенціалу в тропосфері у східних, південних та центральних областях країни збільшується кількість посушливих днів, коли при відсутності опадів, максимальна температура повітря за добу більше 25 °С, а середня відносна вологість менше 50%. Зростає і максимальна тривалість періоду з атмосферною засухою.

При цьому влітку визначальним для формування посухи є наявність блокування у середній тропосфері, а весною – у нижній. Восени ці процеси значно менше впливають на повторюваність посух, за винятком Миколаївської області.

Також блокування в атмосфері належать до одних із головних чинників, що сприяють формуванню сильних морозів. Тривалі додатні аномалії геопотенціалу в середній та нижній тропосфері приводять до збільшення числа днів та тривалості періоду з сильним морозом ($T_{\min} \leq -20^\circ\text{C}$) у південних, центральних, східних областях України та на Закарпатті і до зменшення їх кількості на заході країни.

Питання для самоперевірки

1. Які типи баричних полів характеризують блокуючі процеси в атмосфері?
2. Яку характерну ознаку блокування вважають типовою для цих процесів?
3. Перелічіть синоптичні ознаки (критерії) блокування.
4. Які аномалії в полі температури спостерігаються в регіоні блокування?

5. В яких географічних районах Північної півкулі найбільш часто розвиваються блокуючі антициклони і в які сезони року?

6. Які аномальні погодні умови можуть бути пов'язані з блокуючими антициклонами взимку, влітку?

7. На чому ґрунтується метод Лейєнаса-Окланда для виявлення процесів блокування?

8. Який індекс можна використати у якості динамічного показника стану зонального потоку, на чому він ґрунтується?

9. Які аномальні погодні умови можуть бути пов'язані з блокуючими антициклонами взимку, влітку?

10. Які синоптичні процеси відносяться до стаціонарних?

4.2 Практична частина

Порядок виконання:

➤ В обрані для аналізу синоптичних процесів роки визначити випадки блокуючих антициклонів (архів карт погоди: <http://www.aari.ru/odata/d0010.php>);

➤ Розрахувати за формулами (4.4) індекс блокування зонального переносу за формулою для виявлення блокінгів Леєнаса і Окланда, які приймають на довготі λ виконання обох умов:

➤ Побудувати поле індексу блокування Леєнаса і Окланда ($I(\lambda) < 0$) за даними ре-аналізу поля геопотенціалу NCEP/NCAR. Крок сітки $2,5^\circ$;

➤ Порівняти поле індексу блокування та розташування висотного (AT-500) центру антициклонів за даними висоти геопотенціалу 500 гПа реаналізу ERAInterim ECMWF у вузлах сітки з кроком $1,5^\circ$ в Євроатлантичному секторі північної півкулі від 0° до 60° сх. д. та від $29,5^\circ$ до 70° пн. ш - <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/>)

На першому етапі роботи за аеросиноптичним матеріалом проводиться відбір випадків блокуючих антициклонів за 20__ рік.

На другому етапі роботи, відбираються випадки з блокуючими процесами за допомогою карт (приземних та AT-500 гПа), період який розглядався –20__ р. Для всіх відібраних випадків розраховується індекс I .

Приклад «Аналізу процесів блокування в атмосфері».

Наведені найбільш показові випадки блокування та поля: Азорського, Сибірського та Арктичного антициклонів.

Таблиця 4.2 Дані розрахунків індексу блокування зонального переносу

Дата	Значення геопотенціал у в центрі	$I(\lambda)$	$I(\lambda-10)$	$I(\lambda+10)$	$\frac{I(\lambda - 10) + I(\lambda) + I(\lambda + 10)}{3}$
16.01.2013	542	-18	2	-10	-8,7
17.01.2013	544	-18	0	-2	-6,7
22.01.2013	532	-2	0	-8	-3,3
05.02.2013 (Сибірський)	548	-20	-28	-26	-24,5
18.02.2013	560	-6	-10	-12	-9,3
20.02.2013	564	-14	-8	6	-5,3
21.02.2013	560	-8	-8	-4	-6,7
26.02.2013	574	0	8	-28	-6,7
11.03.2013	564	0	-4	-4	-2,7
13.03.2013	564	0	-12	-10	-7,3
16.03.2013	556	-12	-12	0	-8,0
22.03.2013	563	-24	-4	-10	-12,7
24.03.2013	552	-6	-10	-4	-6,7
25.03.2013	544	-12	-2	-10	-8,0
02.04.2013	540	-4	-8	-6	-6,0
15.05.2013 (Азорський)	564	-20	-26	-40	-28,7
25.06.2013	580	-2	-10	0	-4,0
21.07.2013	584	-4	-8	-4	-5,3
26.07.2013	572	-12	-2	-12	-8,7
27.07.2013	571	-12	6	-6	-4,0
19.12.2013	536	-6	-2	-8	-5,3
24.12.2013 (Арктичний)	536	-18	-26	-24	-22,6
30.12.2013	540	-6	-8	-4	-6,0
31.12.2013	536	-6	-6	-2	-4,7

Розглянемо наступні випадки стаціонарних антициклонічних вихорів: Азорського максимуму (над Атлантикою), Сибірського максимуму та Арктичного максимуму:

1) Азорський максимум з центром над Лісабоном (рис.4.2), що спостерігався протягом 2013 року зонально поширювався до південних регіонів України і окреслювався трьома замкненими ізобарами з максимальним тиском у центрі 1035,1 гПа. Аналізуючи карту АТ-500гПа можна сказати що це меридіональний гребінь. На підставі розрахованого за даними ре-аналізу Національного центру передбачення клімату США (NCEP/NCAR <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/>) масиву поля геопотенціалу індексу блокування Ленса і Окланда можна стверджувати, що антициклон викликав

блокування зонального перенесення (критичне значення становить $I(\lambda) < 0$). Відносно центру вихору, область від'ємних значень індексу блокування розташовується на північно-східній периферії антициклону, в зоні зниженого тиску (заблокований циклон) і досягав мінімальних значень $-28,7$ (рис.4.3).

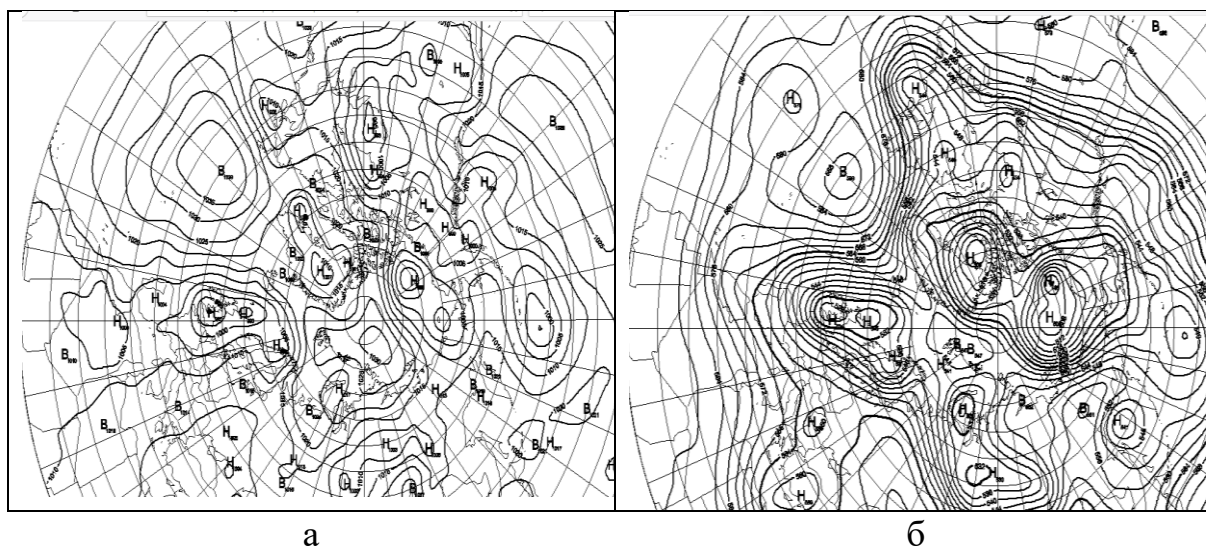


Рисунок 4.2 - Карти а) приземного аналізу та б) абсолютної топографії АТ-500 за 15.05.2013 р., 00 UTC.

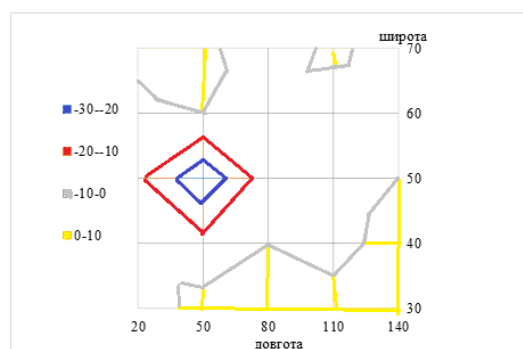


Рисунок 4.3 - Поле індексу блокування Леєнаса і Окланда ($I < 0$) за даними ре-аналізу поля геопотенціалу – 00СГЧ 15.05.2013 р. (Азорський максимум)

2) Малорухомий Сибірський антициклонічний вихор з центром над Єкатеринбургом (рис.4.4), який спостерігався у 2013 році над територією від 40 до 120° сх.д. та від 45 до 73° пн.ш.. На 500 гПа цей антициклон простежується у вигляді: центру з п'ятьма замкненими ізогіпсами і тиском в центрі $1054,0$ гПа. Результати розрахунку індексу блокування виявили,

що цей антициклон являється блокуючим. Відносно центру вихору область від'ємних значень індексу блокування розташовується на південній та південно-східній периферіях антициклону, де спостерігається зона згущення ізобар (заблокований циклон). Мінімальні значення індексу блокування відповідають південно-східній периферії антициклону і досягають значень - 24,5 (рис.4.5).

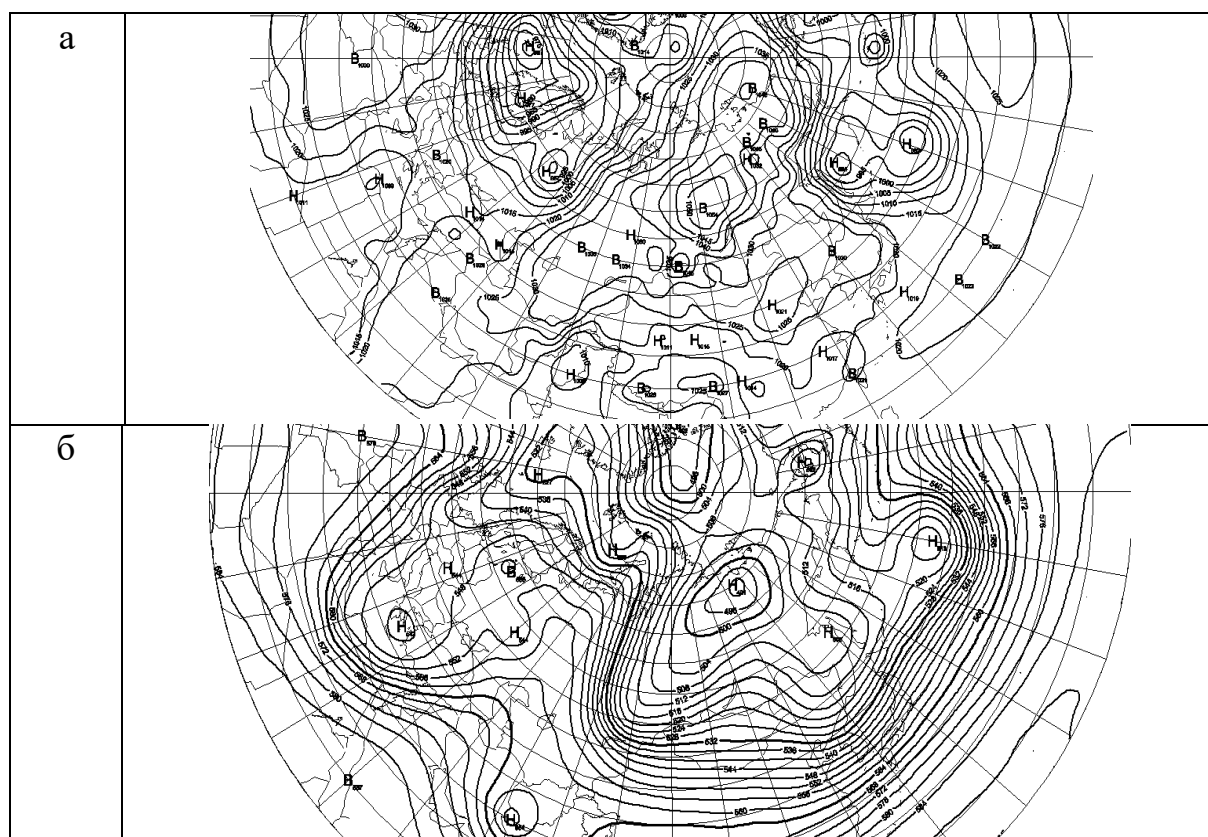


Рисунок 4.4 - Карти а) приземного аналізу та б) абсолютної топографії АТ-500 за 05.02.2013 р., 00 UTC.

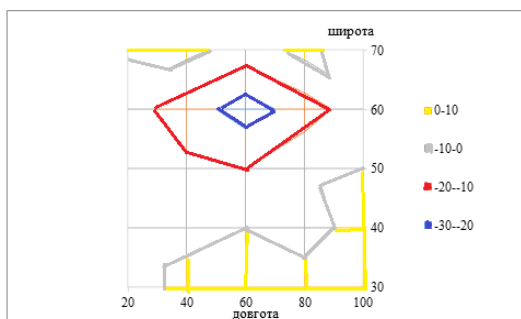


Рисунок 4.5 - Поле індексу блокування Леснаса і Окланда ($I < 0$) за даними ре-аналізу поля геопотенціалу – 00СГЧ 05.02.2013 р. (Сибірський максимум)

3) Арктичний антициклон над північною та центральною Європою, з центром південніше Новосибірську (рис.4.6), простежується у вигляді гребеня. За формою блокуючих процесів, цей антициклон ідентифікується як меридіональний гребінь. Результати розрахунку індексу блокування також підтвердили, що цей вихор являється блокуючим. Мінімальні значення індексу відносно центру антициклону відповідають області циклону, розташованого на південному сході від антициклону. Мінімальні значення досягають $-22,6$ (рис.4.7).

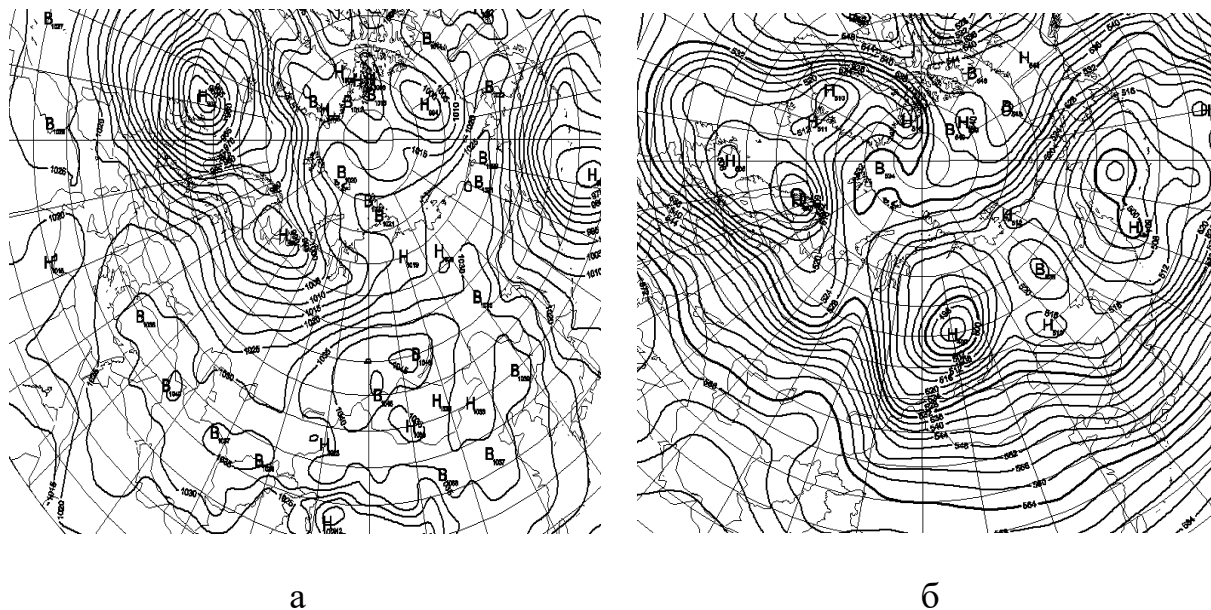


Рисунок 4.6 - Карти а) приземного аналізу та б) абсолютної топографії АТ-500 за 24.12.2013 р., 00 UTC.

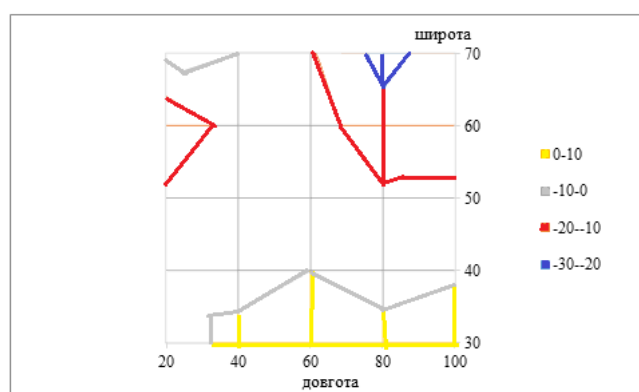


Рисунок 4.7 - Поле індексу блокування Леенаса і Оккланда ($I < 0$) за даними ре-аналізу поля геопотенціалу – 00СГЧ 24.12.2013 р. (Арктичний максимум)

Зображені на рис. 4.3, 4.5, 4.7 від'ємні значення індексу блокування, які ідентифікують наявність блоку, зумовлених Азорським, Сибірським та Арктичним антициклонами відповідно, добре узгоджуються з непрямыми ознаками блокування при аналізі карт приземного аналізу, абсолютної та відносної баричної топографії.

Розрахунок індексів блокування протягом послідовних строків 2013 року показав, що від'ємні значення спостерігають на 2–4 добу стаціонарування антициклону. Також, якщо порівняти поле індексу блокування та розташування висотного (АТ-500) центру антициклону, то можна відмітити, що від'ємні значення індексу блокування дещо зміщений у бік заблокованих циклонів.

Завдання:

Провести синоптичний аналіз та скласти огляд синоптичного процесу переміщення на територію України антициклону.

Вихідні матеріали:

Комплекти карт погоди (приземних і висотних), які складені за даними спостережень за 00 СГЧ за послідовні дати
https://www1.wetter3.de/archiv_ukmet_dt.html,
https://www1.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html,
<http://old.aari.ru/odata/d0010.php>

Навчально-методичне забезпечення:

1. Семенова І.Г., Нажмудінова О.М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.
2. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Климатический мониторинг процессов блокирования западного переноса в Северном полушарии. Метеорология и гидрология. 1991. № 8, 11-17.
3. Недострелова Л.В., Хохлов В.Н. Пространственно-временное распределение блокирующих антициклонов. Метеорология, кліматологія та гідрологія. 2010. Вип. 51. С. 36-42
4. Синоптико-климатическая характеристика процессов блокирования в атмосфере. Обзорная информация / Иванова Н.А., Гришкина Л.В. Труды ВИИГМИ–МЦД. 1989. Вып. 2. 53 с.
5. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования. Метеорология и гидрология. 2010. № 11. С. 5-18.

6. Інформаційний ресурс: електронна бібліотека ОДЕКУ <http://library-odeku.16mb.com>.
7. Національний центр передбачення клімату США NCEP/NCAR <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/>

5 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема. Дослідження хвиль тепла та холоду, що спостерігалися в Україні

Метою даної роботи є визначення процесів, які сприяють виникненню теплових хвиль (хвилі тепла або хвилі холоду) . Виявити та дослідити певні періоди хвилі тепла (холоду) в Україні.

Після виконання практичного завдання студент має *оволодіти такими вміннями:*

- *виявляти особливості розвитку синоптичних процесів над Східною Європою, що призводять до формування спекотної (холодної) погоди;*
- *визначити кліматичні особливості району дослідження;*
- *визначити періоди, коли спостерігалися хвилі тепла та хвилі холоду;*
- *визначити інтенсивність хвилі тепла (розраховувати кумулятивну температуру).*

5.1 Загальні теоретичні відомості

Хвиля тепла (англ. Heat wave – HW) – це метеорологічний феномен, що належить до явищ синоптичного масштабу та проявляється у вигляді аномально спекотної, сухої погоди, що зберігається протягом певного періоду і охоплює значні території. Погодні умови, що спостерігаються під час ХТ, можуть стати причиною величезної кількості людських жертв. Аномально спекотна погода негативно впливає не лише на людей, а також на тварин та рослини, саме тому ХТ може стати причиною суттєвих втрат в сільському господарстві та інших секторах економіки.

Найпершою проблемою, яка виникає при дослідженні хвиль тепла є те, що на сьогодні не існує єдиного універсального визначення цього явища. Першочерговим завданням, що передує дослідженню, як правило, є аналіз різноманітних методик та підходів і обрання тієї, що дає змогу реалізувати поставлені завдання з урахуванням кліматичних особливостей регіону досліджень, його площі та інших чинників. Такий підхід, що на сьогодні реалізується більшістю вчених-метеорологів, та відсутність єдиного

уніфікованого визначення (які існують для багатьох інших атмосферних явищ) створює певні труднощі в порівнянні інтенсивності та тривалості ХТ, що спостерігаються в різних частинах земної кулі.

Окремі дослідники та національні служби погоди різних країн використовують різноманітні варіанти визначення поняття хвиль тепла. Ding та ін. [1] описує методику для визначення випадків хвиль тепла, що досить часто використовується в Китаї. В цій країні, зазвичай, спекотним днем вважається день, коли максимальна добова температура повітря сягнула $+35^{\circ}\text{C}$ (проте для визначення спекотного дня службою погоди в Китаї можуть бути використані три критерії – $+35$, $+38$ та $+40^{\circ}\text{C}$). Багато китайських авторів хвилею тепла вважають період тривалістю понад три дні з добовою максимальною температурою повітря вищою від $+35^{\circ}\text{C}$.

Kysely [2] для дослідження ХТ в Чехії використовує інше визначення, що ґрунтується на двох граничних температурах – T_1 та T_2 . Хвиля тепла визначається як період протягом якого 1) добова максимальна температура повітря є вищою ніж T_1 як мінімум 3 послідовні дні; 2) середня максимальна температура повітря за увесь період є вищою ніж T_1 ; 3) максимальна температура повітря не опускається нижче T_2 . При цьому $T_1 = +30.0^{\circ}\text{C}$ і $T_2 = +25.0^{\circ}\text{C}$.

В Нідерландах спекотна погода називається хвилею тепла у випадку якщо цей період триває як мінімум 5 днів з максимальною температурою $+25^{\circ}\text{C}$ чи вищою, включаючи як мінімум 3 «тропічних» дні з максимальною температурою повітря вище $+30^{\circ}\text{C}$ [3].

Згідно офіційного глосарію Австралійського метеорологічного бюро, хвиля тепла – це період аномально спекотної погоди, що триває кілька днів [4]. Для різних Австралійських міст та регіонів існують більш конкретні визначення, що містять числові граничні значення температури повітря. Наприклад, ХТ в Аделаїді – це період з 5 послідовних днів, коли температура повітря сягнула позначки $+35^{\circ}\text{C}$ чи вище, або 3 послідовних дні з температурою вище $+40^{\circ}\text{C}$ [5].

В Сполучених Штатах не існує єдиного універсального визначення хвиль тепла, проте, за потреби воно може бути розроблене для будь-якого регіону, ґрунтуючись на тривалості періоду спекотних днів та самому їх визначенні. Відповідно, в різних регіонах, температурні та часові межі після яких спека називатиметься хвилею тепла будуть відрізнятися.

Всесвітня метеорологічна організація рекомендує для використання наступне визначення ХТ.

Хвиля тепла – це період, коли максимальна добова температура повітря п'ять або більше послідовних днів перевищує середню максимальну температуру для даного дня за нормальний період (1991–2020 рр.) більш ніж на 5°C або на 9° F [6].

Хвилі тепла, як правило, характеризують тривалістю (в днях) та інтенсивністю (в °C). У визначеннях фіксується лише певна мінімальна кількість днів, після перевищення якої, спекотний період буде вважатися хвилею тепла. Проте, у випадку потужних ХТ їх тривалість може перевищити мінімальну кількість днів у кілька разів. Для характеристики потужності ХТ досить часто використовується показник (*кумулятивна температура*) – сумарна максимальна (T_{MAX}) під час окремо взятої хвилі тепла. Як правило, сумарна T_{MAX} розраховується як сума різниць між максимальною температурою повітря та певним граничним значенням, що залежить від визначення ХТ.

Літній сезон обмежується датами стійкого переходу середньодобової температури повітря через 15°C в період її підвищення навесні і зниженні восени, проте, оскільки в різні роки такий перехід може значно варіюватися.

Також слід зазначити, що у великих містах, як правило спостерігається температурна аномалія, що характеризується підвищеною порівняно з периферією температурою повітря – так званий острів тепла. Однією з основних причин його формування є те, що матеріали, якими складена поверхня міста, мають значення альbedo нижчі, ніж природні. Міські поверхні поглинають більше короткохвильової сонячної радіації, тому нагріваються швидше і повітря над ними відповідно прогрівається також швидше. Заасфальтовані поверхні й стіни будинків у світлий час доби запасують певну кількість тепла, а вночі віддають його навколишньому повітрю. Природні процеси ще більше спотворюються в умовах міста завдяки малому випаруванню, адже, в сільській місцевості вранці сонячна енергія витрачається на випаровування роси, процес гутації у рослин, тощо, у місті ж вона безпосередньо поглинається будинками та асфальтом [7]. Крім того, на території міста внаслідок забруднення повітряного басейну знижене ефективне випромінювання та нічне вихолодження.

Питання для самоперевірки

1. Дайте загальне визначення хвилі тепла, а також назвіть критерії, рекомендовані Всесвітньою метеорологічною організацією.
2. Як хвиля тепла виражається у показниках метеорологічних величин?
3. Що таке кумулятивна температура?
4. В чому полягає несприятлива дія хвилі тепла?
5. В яких баричних полях біля поверхні землі та на висотах виникають хвилі тепла в Україні?
6. Який тип макроциркуляції (зональний чи меридіональний) є сприятливим для виникнення хвилі тепла?
7. Який процес розуміють під весняним поверненням холодів?
8. Що таке хвиля холоду?
9. Як хвиля холоду виражається у показниках метеорологічних величин?
10. Який тип макроциркуляції (зональний чи меридіональний) є сприятливим для виникнення хвилі холоду?

5.2 Практична частина

Завдання:

1. *Визначити кліматичні особливості району дослідження*
2. *Визначити періоди, коли спостерігалися хвилі тепла та хвилі холоду.*
3. *Визначити інтенсивність хвилі тепла (розрахувати кумулятивну температуру).*
4. *Навести характеристику самої тривалої хвилі тепла та хвилі холоду (короткий опис синоптичної ситуації, термобаричного поля, температури).*

Вихідні матеріали:

Для виконання практичного завдання використовувати:

- Архів погоди - <https://meteopost.com/weather/archive>
- http://www1.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html
- Офіс кліматичних програм NOAA та Колумбійським університетом http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Atm_Temp/Anomaly.html

Приклад Дослідження хвиль тепла, що спостерігалися в Україні в 2021 році

Таблиця 5.1 – До визначення хвилі тепла

Дата	T_{\max} , °C	T_{\max} (1991-2020), °C	ΔT , °C
15.01.2021	0,1	-0,7	1,7
16.01.2021	-2,9	-0,7	-2,2
17.01.2021	-10,5	-0,7	-9,8
18.01.2021	-8,5	-0,7	-7,8
19.01.2021	-8,4	-0,7	-7,7
20.01.2021	2,8	-0,7	3,5
21.01.2021	6,2	-0,7	6,9
22.01.2021	9,9	-0,7	10,6
23.01.2021	9,2	-0,7	9,9
24.01.2021	8,0	-0,7	8,7
25.01.2021	8,0	-0,7	8,7
26.01.2021	4,4	-0,7	5,1
27.01.2021	0,2	-0,7	0,9
28.01.2021	-0,3	-0,7	0,4
29.01.2021	0,8	-0,7	1,5
30.01.2021	6,5	-0,7	7,2
31.01.2021	2,7	-0,7	3,4

$T_{\text{кум}} = 49,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{\text{кум}} \text{ (середня)} = 8,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Дослідження хвиль тепла в Одесі.

1. *Кліматичні особливості літнього сезону в Одесі.* Одеса розташована на південному заході України. На південному сході омивається водами Чорного моря. На узбережжі велика кількість лиманів (найбільші – Куяльницький і Хаджибейський), повністю чи частково відгороджених від моря піщано-черепашковими пересипами. Головні річки області – Дунай (із Кілійським гирлом), Дністер, Кодима, Савранка. Багато дрібних пересихаючих річок.

В табл. 5.2 представлено значення середніх температур повітря у місті протягом року.

Таблиця 5.2 – Значення середньомісячної температури повітря. м. Одеса

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня T , °C	-0,4	0,4	4,3	10,0	16,2	20,8	23,4	23,1	17,8	12,0	6,3	1,5

Клімат помірно континентальний зі спекотним сухим літом і м'якою малосніжною зимою. Середня температура липня +21°C на півночі і +24°C

на півдні, січня -5°C на півночі і -2°C на півдні. Опади випадають більше влітку, часто у вигляді злив. У південній частині області бувають посухи.

Найдовший сезон в Одесі у всьому році, кліматичне літо триває 145 днів, з травня по вересень. В даний період включений і такий знаменитий період, як «бабине літо», він відрізняється сухим прозорим повітрям і безвітрям. Літо в Одесі досить спекотне, найтепліший місяць — липень, середня температура якого становить $+23^{\circ}\text{C}$, максимальна $+39^{\circ}\text{C}$. В останні роки, однак, найтеплішим місяцем є серпень, коли вдень температура повітря підіймається до $+28,6^{\circ}\text{C}$. Рельєф місцевості сприяє проникненню із заходу насичених вологою мас з Атлантичного океану, з півдня — вологого і теплого повітря з басейну Середземномор'я. Перша половина осені в Одесі — тепла і сонячна. Перше істотне похолодання відбувається в жовтні.

В результаті аналізу рядів температури повітря було встановлено, що за період 2016-2020 рр. В Одесі спостерігалось 4 випадки ХТ, що відповідали критеріям визначення цього явища, яке використано в даному дослідженні (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Випадки хвиль тепла в м. Одеса

Рік	Дата	Тривалість ХТ
2017	02.08 – 08.08	7 дн.
2018	23.04 – 28.04	6 дн.
2018	01.09 – 05.09	5 дн.
2019	10.06 – 27.06	18 дн.

В даному дослідженні також була розрахована середня T_{MAX} протягом окремої ХТ (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Найпотужніші ХТ в Одесі і протягом досліджуваного періоду

Рік	Дата	Кумулятивна T_{max}	Середня T_{max}
2017	02.08 – 07.08	77,0	11,0
2018	23.04 – 28.04	59,0	9,8
2018	01.09 – 05.09	60,8	12,2
2019	10.06 – 27.06	181,7	10,1

Найвища кумулятивна T_{MAX} була зафіксована в 2019 рр. і становила $181,7^{\circ}\text{C}$, найвища середня T_{MAX} була зафіксована в 2018 рр. і становила $12,2^{\circ}\text{C}$. Хвиля тепла 2018 р. була нетривалою 5 днів.

Таким чином, було встановлено, що за теплий період 2016 – 2020 рр. хвиля тепла 2019 року в період з 10.06 по 27.06 була найтривалішою для

міста Одеси. Аномальна спека була спричинена антициклонами, що розвивалися майже над усією частиною Європи. Середньодобова температура повітря перевищувала норму на 5°C , максимальні температури в денні години сягали $30 - 33^{\circ}\text{C}$. Впродовж всього періоду погода майже всієї території Європи, та України також, визначалась мало градієнтним полем тиску з деякими осередками високого тиску. На висоті 850 гПа територія України була під впливом гребеня тепла з Африки та осередку підвищеного тиску, що виник 21.06.2019 р. В кінці періоду, приблизно, 28.06. погодні умови змінились завдяки циклону з північного заходу. Його фронтальна система проходила через територію Одеси.

За досліджуваній теплий період з 2016 по 2020 рр. було зафіксовано 4 випадки хвиль тепла: один випадок був зафіксований в 2017 р., два випадки – в 2018р., та один випадок – в 2019р.

В 2017 р. хвиля тепла спостерігалась з 01.08 по 08.08 (рис.5.1). З 1 серпня температура невпинно зростала та 5 серпня сягнула найбільшого значення $35,4^{\circ}\text{C}$, далі температура знизилась до позначки $23,5^{\circ}\text{C}$ 8 серпня. Максимальна температура монотонно зростала до значення $36,5^{\circ}\text{C}$ 6 серпня, а після – різко знизилась. Слід зазначити, що максимальна температура за даний період перевищила середньодобову приблизно на $1,0^{\circ}\text{C}$. Кліматична норма для серпня, в м. Одеса, за період 1991-2020 рр. становить $23,1^{\circ}\text{C}$.

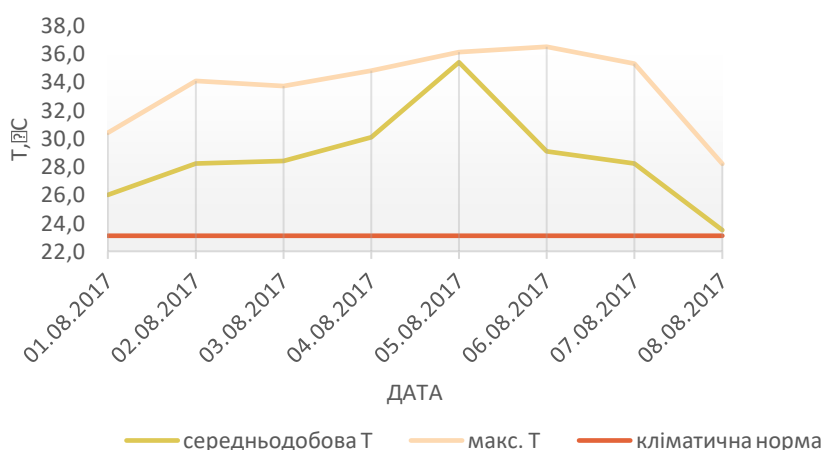


Рисунок 5.1 – Графік ходу середньодобової та максимальної температури повітря в м. Одеса за 01.08 – 08.08.17 р.

В період найтривалішої хвилі тепла (18 дн) з 10.06.19 р. по 27.06.19р. хід середньодобової, так як і максимальної, температури повітря є

скачкоподібним (рис.5.2). Відмічаються декілька максимумів, які спостерігалися 12.06. (26,9°C), 16.06 (27,9°C), 22.06 (27,9°C) та 25.06 (27,5°C). Максимальна температура також мала декілька підвищених значень, що були зафіксовані також 12.06 (33,2°C), 16.06 (32,8°C) та 21.06 (33,1°C), 24.06 (33,0°C). Кліматична норма в червні, в м. Одеса, становить 20,8°C. Отже, дана хвиля тепла була найтривалішою та досить інтенсивною.

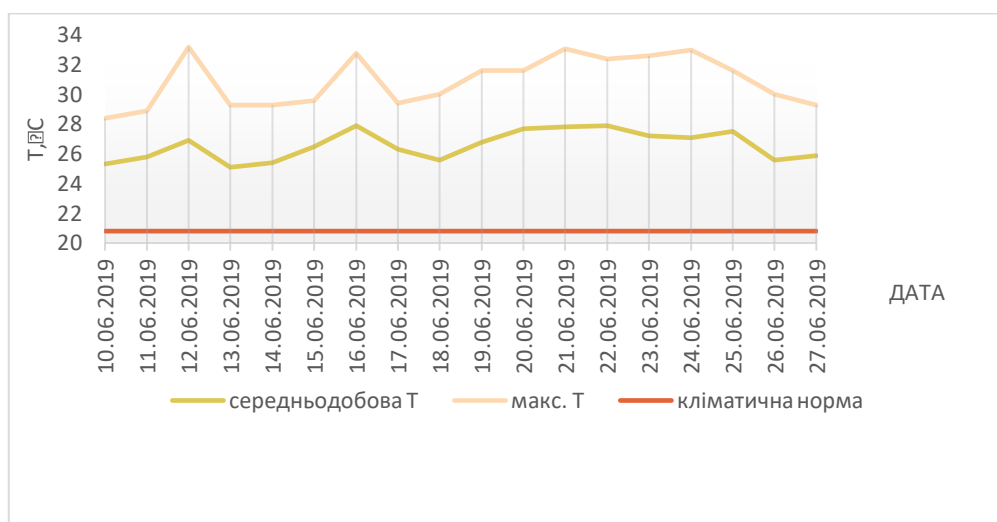


Рисунок 5.2 – Графік ходу середньодобової та максимальної температури повітря в м. Одеса за 10.06. – 27.06.2019 рр.

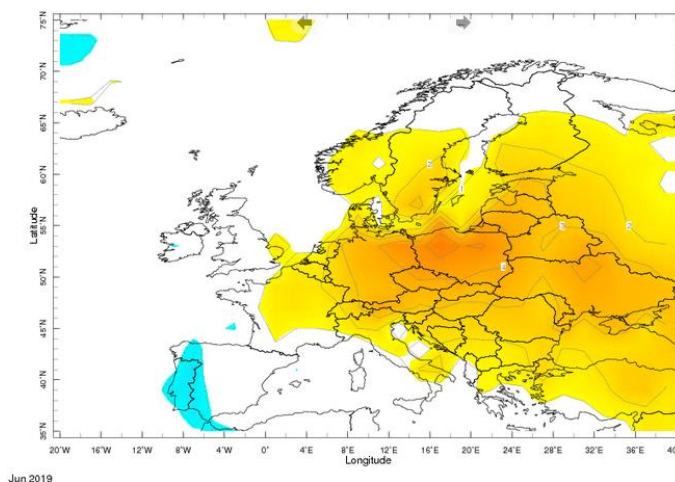


Рисунок 5.3 – Місячна аномалія приземної температури повітря. Червень 2019 рр.

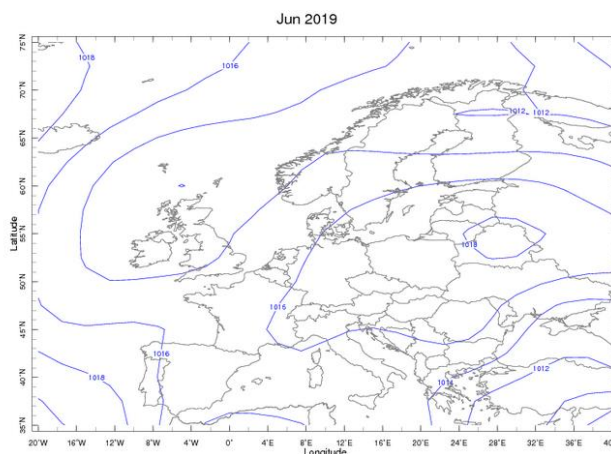


Рисунок 5.4 – Місячний тиск на рівень моря. Червень 2019 рр.

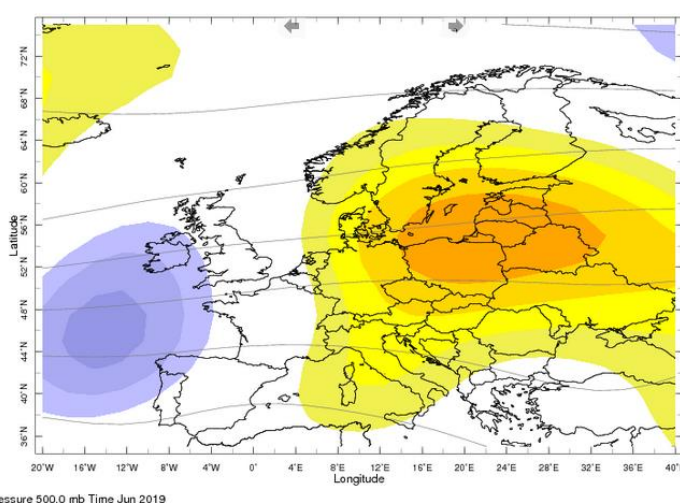


Рисунок 5.5 – Аномалія геопотенціальної висоти 500 гПа. Червень 2019 рр.

Висновки. Отже, в Одесі, де клімат помірно континентальний зі спекотним сухим літом і м'якою малосніжною зимою, за період 2016-2020рр. було зафіксовано 4 випадки ХТ. Максимальна їх кількість спостерігалася в 2018р. – 2 випадки.

ХТ, що спостерігалися протягом досліджуваного періоду мають тривалість лише 5 днів в 2018 р., середня тривалість становить – 9 днів, максимальна – 18 днів (2019 рік).

За інтенсивністю найпотужнішою була ХТ в 2019 році, яка також була і найтривалішою. Період з 10.06 по 27.06 2019 року характеризувалася аномально високими температурами повітря – середньодобові температури перевищували норму на 5 °. Причиною її формування було те, що територія України в цей час перебувала під впливом антициклонів, що постійно формувалися над територією Європи, на висоті під впливом гребеня тепла з Африки.

Навчально-методичне забезпечення:

1. Ding, T. Changes in hot days and heat waves in China during 1961–2007 / T. Ding, W. Qiana, Z. Yanb // International Journal of Climatology. -2010.- № 30. - P. 1452– 1462.
2. Kysely, J. Recent severe heat waves in central Europe: how to view them in a long-term prospect? / J. Kysely // International Journal of Climatology. - 2010. - № 30. - P. 89–109.
3. Gershunov A. The Great 2006 Heat Wave over California and Nevada: Signal of an Increasing Trend / A. Gershunov, D.R. Cayan, S.F. Jacobellis // Journal of Climate. - 2009.- № 22. - P. 6181-6203.
4. Glossary of Australian Bureau of Meteorology. [електронний ресурс]. – режим доступу: <http://reg.bom.gov.au/lam/glossary/hpagegl.shtml>.
5. First Heat wave for Adelaide in 2010, Bureau of Meteorology.– режим доступу: http://www.bom.gov.au/announcements/media_releases/sa/20100115_First_Heatwave_SA_Jan.shtml.
6. Шевченко О.Г., Сніжко С.І. Хвилі тепла та основні методологічні проблеми, що виникають при їх дослідженні. Український гідрометеорологічний журнал. 2012. № 11. С.101-108.
7. Ландсберг Г.Е. Климат города; пер. с англ. Фредман А. Я. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 248 с.
8. Електронна бібліотека ОДЕКУ - <http://library-odeku.16mb.com>.
9. Національний центр передбачення клімату США NCEP/NCAR <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/>

6 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема: *Синоптичні процеси над Україною та формування аномальних погодних явищ. Регіональні методи прогнозу заморозків, посухи*

Метою даної роботи є ознайомлення з синоптичними процесами в Північній півкулі, що призводять до формування аномальних погодних явищ в окремих регіонах України.

Після виконання практичного завдання студент має *оволодіти такими вміннями:*

- визначити умови формування весняно-літної, літньо-осінньої посух та заморозків на території України ;
- розрахувати гідротермічний коефіцієнт Г.Т.Селянинова (ГТК);
- визначити індекс посушливості Педя Д.А;
- визначити кількість та тривалість бездощового періоду в досліджуваній період;
- при яких синоптичних процесах частіш за все формуються заморозки над територією України?

ОЦІНКА ПОСУХ

6.1 Загальні теоретичні відомості

Посушливі явища приносять значну шкоду сільськогосподарському виробництву. Посухи і суховії знижують врожайність, іноді приводять до загибелі посівів.

Посуха виникає унаслідок відсутності опадів у поєднанні з високою температурою і зниженою вологістю повітря, викликає гноблення або загибель рослин. У більш широкому розумінні посуха пов'язана із тривалою відсутністю опадів (або значним їхнім скороченням порівняно із середніми багаторічними нормами) у поєднанні з підвищеними температурами повітря, ґрунту і вітрами, що приводять до різкого зниження відносної вологості повітря, виснаження запасів ґрунтової вологи, порушення водного балансу рослин і тварин, недоборові сільськогосподарської продукції, а в екстремальних умовах — до загибелі усього врожаю, сільськогосподарських тварин.

Розрізняють посуху атмосферну і ґрунтову. У першому випадку мова йде про відсутність опадів, високих температурах і зниженій вологості повітря,

тобто стан атмосфери. В другому випадку визначальним є висушування кореневмісного шару ґрунту. Ґрунтова й атмосферна посуха може бути одночасно.

За часом виникнення прийнято розрізняти посуху весняну, літню і осінню.

Весняна посуха проходить при порівняно невисоких температурах повітря, але з низькою відносною вологістю і сильними, що висушують ґрунт вітрами. Таке поєднання погодних умов приводить до швидкого висушування верхнього горизонту ґрунту, що негативно позначається на стані ярових зернових на початку їхнього розвитку, на поновленні вегетації озимих.

Літня посуха відрізняється високою температурою, низькою вологістю повітря, великою випаровуваністю і дефіцитом вологи в ґрунті. Підсилюється суховійними явищами. Шкода від літньої посухи найбільша, тому що різко падає врожайність сільськогосподарських культур, знижується якість одержуваної продукції.

Осіння посуха спостерігається на тлі низьких температур і вологості повітря. До цього періоду року велика частина зернових культур прибрана, але настає час сівби озимих, насіння яких попадають у сухий ґрунт, і до настання холодів озимі бувають погано розвиненими.

Для оцінки посух застосовують кількісні показники (критерії), що у різний час були розроблені вченими: А.В. Процеровим, А.И. Руденко, Н.В., Бова М.С. Куликом, Е.С. Улановою та ін. Ці критерії можна об'єднати в три групи: метеорологічні, агрометеорологічні, агрономічні.

Метеорологічним критерієм посухи є нестача опадів або їхня повна відсутність тривалий час (2...3 декади підряд). При сумі опадів за вегетаційний період менш 50 % норми спостерігаються дуже сильні посухи; 50...70 % опадів норми свідчать про сильну посуху; 71...80% норми - про середню посуху. При цьому відзначається позитивна аномалія температури повітря від 1 ...1,5 до 3...4°C (температура вище норми).

Агрометеорологічні критерії посухи - вміст вологи в ґрунті і коефіцієнти зволоження.

Зменшення запасів продуктивної вологи в орному горизонті ґрунту (0...20см) до 20 мм і менше можна прийняти за початок посухи, менш 10 - сильна посуха, 0 мм (висушування орного горизонту ґрунту) - дуже сильна посуха. Цей критерій найбільш надійний, тому що показує дефіцит вологи безпосередньо під сільськогосподарською рослиною.

Коефіцієнти зволоження, що представляють собою відношення опадів до випаровуваності за визначений проміжок часу, також зручно застосовувати як показник ступеня посушливості. Найчастіше для цих цілей використовують гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК).

Він розраховується за формулою:

$$K_c = \sum R / 0,1 \sum t, \quad (6.1)$$

де $\sum R$ - сума опадів за вегетаційний період, мм;

$\sum t$ - сума температур повітря $> 10^\circ\text{C}$ за цей період, $^\circ\text{C}$;

Встановлено такі оцінки зволоження території в залежності від значення K_c : $< 0,5$ - досить мало опадів і дуже посушливо;

$0,5 - 1,0$ - посушливо і недостатньо волого;

$> 1,0$ - збитково волого.

K_c добре узгодиться з геоботанічними зонами: $K_c = 1,1 - 1,3$ відповідає зоні Полісся, $K_c = 0,8 - 1,0$ - Лісостепу, $K_c = 0,6 - 0,8$ - Степу, $K_c = 0,3 - 0,5$ - зоні Напівпустелі, $K_c < 0,3$ - Пустелі.

Доведено, що $0,1 \sum t > 10^\circ\text{C}$ чисельно дорівнює випаровуваності.

Умови зволоження будуть достатніми (задовільними), якщо ГТК $> 1,0$.

Його застосовують, тільки коли середньодобова температура повітря $> 10^\circ\text{C}$, тобто він непридатний для весни, осені і тим більше зими. Можна розраховувати ГТК і за окремі періоди, але тривалістю не менш одного місяця.

Значення ГТК $< 0,7$ для лісостепової і підтайгової зони і $< 0,6$ для степової зони приймають за критерій посухи. Більш диференційовано за ГТК визначають ступінь посушливості (для південно-східних районів європейської частини):

Параметр	Критерій посухи			
	Слабка	Середня	Сильна	Дуже сильна
ГТК	0,9...0,6	0,6...0,5	0,5...0,4	$< 0,4$

Д.А. Педем у був розроблений індекс посушливості $S_i(\tau)$ для опису посух, що враховує аномальні умови погоди, найбільш важливі для формування посухи, такі, як аномалії в розподілі температури повітря ΔT , опадів ΔR і вологості діяльного шару ґрунту ΔE :

$$S_i(\tau) = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R} + \frac{\Delta E}{\sigma_E}, \quad (6.2)$$

де i – номер пункту;

$\Delta T = T - T_n$, $\Delta R = R - R_n$, $\Delta E = E - E_n$ (різниця між фактичним і нормальним значенням температури, опадів і вологи відповідно);

σ – середнє квадратичне відхилення; $\left(\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}} \right)$,

τ - час.

Повна формула $S_i(\tau)$ відповідає атмосферно-грунтовій посусі, найбільш небезпечній для сільського господарства. Якщо взяти два перших члени формули (2), то вони описують тільки атмосферну посуху, а третій член - ґрунтову посуху. Оскільки не завжди є дані вимірів вологості діяльного шару ґрунту E , звичайно використовується спрощена формула, що враховує метеорологічні умови посухи (температуру повітря й атмосферні опади):

$$S_i(\tau) = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R}. \quad (6.3)$$

За значенням S_i можна судити про інтенсивність атмосферної посухи: чим більше S_i , тим сильніше явище, і навпаки.

За граничні взяті такі значення: слабка посуха $S_i = 1,0 - 2,0$, середня посуха - $S_i = 2,0 - 3,0$, сильна посуха $S_i \geq 3,0$.

Критерій Педя усуває недоліки ряду запропонованих раніше критеріїв, у тому числі і ГТК Селянінова, і виступає найбільш науково обґрунтованим і прийнятним для практичного застосування.

Агрономічним критерієм посухи вважають зниження врожайності провідних сільськогосподарських культур як наслідок впливу посухи.

Якщо врожайність в оцінюваному році знизилася порівняно із середньою за кілька років до 20 %, то посуха слабка, 20...50 - середня, більше 50 % - сильна.

Більш об'єктивно оцінити посуху можна, якщо одночасно використовують два-три критерія, наприклад, запаси продуктивної вологи і врожайність, гідротермічний коефіцієнт, запаси вологи і врожайність тощо.

Повторюваність бездощових періодів у поточних кліматичних умовах

Починаючи з 1986 року з метою раціонального використання ресурсів клімату, оптимального розміщення основних сільськогосподарських культур та підвищення продуктивності сільського господарства використовується агрокліматичне районування (зонування) території України (рис 1). Для нього було застосовано дані метеорологічних спостережень (про температуру та опади) за період 1956 -1985 рр.



Рисунок 6.1 - Агрокліматичне районування території України [Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ 2014, Видавництво ТОВ «РІА»БЛЦ, С.18].

Бездощові періоди виступають критерієм посушливості, адже характеризують тривалість періоду без ефективних опадів. Ефективність опадів оцінюється як їх кількість, яка може якимось використовуватись рослинами. Встановлено, що опади до 1 мм не засвоюються рослинами, а до 3 мм звичайно не підвищують вологість ґрунту, але опади до 5 мм влітку зволожують поверхневий шар ґрунту і можуть використовуватись рослинами за умови, якщо ґрунт не є сухим. Опади до 5 мм можуть суттєво знизити температуру ґрунту, а також підвищити вологість приземного шару повітря, що навіть влітку, особливо при похмурій погоді, створює сприятливі умови для

росту рослин. Отже, саме кількість опадів у 5 мм береться як критерій ефективних опадів.

Бездошовим вважають період 10 діб і більше без опадів або з незначною кількістю (менше 1 мм); бездошовий період вважають перерваним, якщо опадів випало не менше 5 мм за добу, або 1,0-4,9 мм, якщо вони випадають декілька разів з першою меншою ніж 10 днів.

Метеорологічні та синоптичні умови посухи в Україні 2020 року

Весняна (березень-квітень) повітряно-грунтова посуха внаслідок дефіциту опадів спостерігалася на більшій частині території країни. Розвиток посухи супроводжувався стрімким падінням запасів вологи в усіх шарах ґрунту. Спостерігалася особливо швидке висихання верхніх шарів ґрунту – зниження запасів продуктивної вологи у 0-20 см шарі ґрунту до недостатніх та незадовільних значень для вчасного посіву сільськогосподарських культур. У метровому шарі ґрунту відмічалися екстремально низькі запаси продуктивної вологи – 55-75% норми. Спостерігалася пригнічення росту та розвитку усіх раніше посіяних сільськогосподарських культур.

Квітень в окремих районах Львівської, Волинської та Рівненської областей, серпень у Кропивницькому та Долинській (Кіровоградській) і вересень у Луганській області (де опадів не було взагалі, вперше після 1955 року) – виявилися найпосушливішими за всю історію спостережень.

Посуха (червень-липень). Більшість південних і центральних областей. Зниження запасів продуктивної вологи до 20-40 мм у метровому шарі ґрунту.

Літньо-осіння повітряно-грунтова посуха тривала із серпня до кінця вересня на більшій частині території країни. Спостерігалася майже повне висихання метрового шару ґрунту.

У східних областях посуха тривала до кінця жовтня. Спостерігалася повне висихання орного шару ґрунту.

Відмічалися тривалі періоди надзвичайної (5 класу) пожежної небезпеки:

✓ у квітні – в Рівненській і Хмельницькій областях у другій та третій декадах, у Житомирській області – у другій, у південних, східних, Дніпропетровській та Кіровоградській областях – у третій декаді,

✓ влітку – у другій та третій декадах червня у східних, Сумській і Запорізькій областях; впродовж липня у Донецькій та Миколаївській областях,

у першій і третій декаді липня та впродовж серпня у південних, східних, центральних областях; 9-24 серпня і в більшості районів північних (9-18 серпня і західних) областей,

✓ восени – впродовж вересня-жовтня у східних областях, 1-26 вересня у південних, центральних, більшості районів північних (16-26 вересня і західних) областей, 1-25 жовтня на півдні Одещини, 9-16 жовтня і на Сумщині.

Повітряно- ґрунтова посуха (серпень-друга декада вересня). Більша частина території країни. Майже повне висихання метрового шару ґрунту під пізніми культурами.

Ґрунтова посуха (третя декада вересня - третя декада жовтня). Східні області та південні райони Одеської області. Повне висихання орного шару ґрунту.

Питання для самоперевірки:

1. Які розрізняють види посух?
2. Які основні причини виникнення кожного виду посухи?
3. Що є метеорологічним критерієм посухи?
4. За яких макроциркуляційних умов починається формування посухи?
5. Яку роль відіграють блокуючі процеси атмосфери в формуванні посух?
6. Яку типову структуру має висотне баричне поле при формуванні тривалих посух в Україні?
7. Які кількісні показники (критерії) застосовують для оцінки посух?
8. Який критерій застосовують як показник ступеня посушливості?
9. Що вважають бездощовим періодом?

6.2 Практична частина

Порядок виконання роботи:

1. Оцінити посушливість:
 - розрахувати гідротермічний коефіцієнт Г.Т.Селянинова (ГТК);
 - визначити індекс посушливості Педя Д.А.

Для розрахунків використовують дані таблиць Агрокліматичного довіднику (Додаток) по декадних температурах повітря і сумах опадів та дані за 202_ р. (<https://meteopost.com/weather/archive/> або <https://www.ncei.noaa.gov/>) по станціях вказаних викладачем

Визначають значення ГТК за окремі місяці (травень, червень, липень, серпень), за першу половину вегетації (травень - липень), другу (липень - серпень) і загалом за весь період (травень - серпень), коли відбувається вегетація основних сільськогосподарських культур.

Розраховують ГТК за кожним з перерахованих місяців, а також за більш тривалі періоди. Результати заносять у таблицю 6.2.

Розраховують відхилення (\pm) температури повітря в 202_ р. від багаторічних значень, $^{\circ}\text{C}$, а також суму опадів 202_ р., % від багаторічних (табл.6.1).

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунку.

Показник	Місяць року											
	Травень			Червень			Липень			Серпень		
	Декада			Декада			Декада			Декада		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$t^{\circ}\text{C}$, 202_ рік												
$t^{\circ}\text{C}$, багаторічна												
Відхилення температури 202_ р. від багаторічного												
Σ опадів, мм, 202_ рік												
Σ опадів, мм, багаторічна												
Відхилення сум опадів 202_ р. від багаторічного												

2. Визначити інтенсивність посухи, що спостерігалася в 202_ р. На підставі отриманих ГТК (табл. 6.2) виділити найбільш і найменш посушливі місяці, а також оцінити за посушливістю першу половину вегетації (травень-червень), другу (липень-серпень) і весь період (травень-серпень).

3. За даними регулярних спостережень визначити кількість та тривалість бездошового періоду в досліджуваній період

Таблиця 6.2 - Розрахунок індексів посушливості

Показник	Місяць року				Період		
	Травень	Червень	Липень	Серпень	Травень-серпень	Травень-липень	Липень-серпень
Сума опадів, мм							
Сума температур, °С							
ГТК Селянинова							
Індекс Педея							

4. Скласти огляд синоптичних умов, які призвели до виникнення посухи. Для оцінки макросиноптичних умов рекомендується використовувати щоденні приземні карти погоди архіву MetOffice http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Клімат України / Липінський В. М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Київ: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
2. Мартазінова В.Ф. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине / Мартазінова В.Ф., Е.К. Иванова, Д.Ю. Чайка. Геофизический журнал. 2006. Т. 28, № 1. С. 51-60.
3. Хохлов В.М. Просторово-часовий розподіл засух на території України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2011, № 8. С. 38-43.
4. Семёнова И.Г. Метеорологические и синоптические условия засухи в Украине осенью 2011 г. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2012, №10. С. 58-64.
5. Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А. Дослідження проблем посушливості на території України з використанням наземної та супутникової інформації. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2014, Вип.2 С.18–28.

6. Семёнова И.Г. Оценка пространственно-временного распределения засух на Украине в вегетационный период. Труды ГГО им.А.И.Воейкова. 2014, Вып 571. С.134-146.
7. Справочник по показателям и индексам засушливости. ВМО-№1173, 2016 .
8. Семенова І.Г. Синоптичні та кліматичні умови формування посушливих явищ в Україні: монографія. Харків 2017, 236 с.
9. Інформаційний ресурс: електронна бібліотека ОДЕКУ <http://library-odeku.16mb.com>.

Додаток

Таблиця 1 – Середня декадна температура повітря, °С (1991-2020 рр.)

Область	I			II			III			IV			V			VI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Чернігівська	-4,3	-3,2	-5,4	-4,7	-3,7	-2,2	-0,4	1,2	2,7	6,6	8,9	11,3	13,4	14,8	16,4	17,6	19,0	19,0
Сумська	-4,9	-3,8	-5,9	-5,5	-4,3	-2,8	-1,0	0,6	2,2	6,2	8,9	11,2	13,5	14,8	16,5	17,6	19,1	19,2
Волинська	-2,5	-1,7	-3,6	-2,3	-1,8	-0,5	0,8	2,4	3,9	6,8	8,6	11,5	13,1	14,5	15,4	17,2	18,0	18,1
Рівненська	-2,8	-2,0	-4,0	-2,9	-2,2	-0,7	0,6	2,2	3,8	6,9	8,8	11,6	13,2	14,7	15,7	17,3	18,3	18,3
Житомирська	-3,2	-2,4	-4,2	-3,3	-2,6	-1,0	0,5	1,9	3,5	7,0	8,8	11,4	13,1	14,7	15,9	17,4	18,5	18,5
Київська	-3,5	-2,4	-4,4	-3,6	-2,8	-1,2	0,5	2,0	3,6	7,4	9,5	11,9	13,9	15,5	16,9	18,2	19,6	19,5
Львівська	-1,9	-1,4	-3,2	-1,7	-1,2	0,1	1,4	2,9	4,4	7,2	8,7	11,6	13,1	14,2	15,0	16,9	17,9	18,0
Хмельницька	-3,3	-2,5	-4,2	-3,1	-2,5	-0,9	0,6	2,0	3,8	7,2	8,8	11,6	13,5	14,7	15,7	17,3	18,4	18,5
Полтавська	-4,1	-3,1	-4,9	-4,4	-3,3	-1,7	0,3	1,7	3,5	7,6	10,1	12,2	14,5	15,9	17,5	18,7	20,2	20,3
Харківська	-4,6	-3,6	-5,5	-5,1	-3,9	-2,4	-0,1	1,1	3,0	7,2	9,9	11,8	14,4	15,7	17,5	18,6	20,2	20,5
Тернопільська	-2,9	-2,2	-3,9	-2,6	-2,1	-0,6	0,8	2,3	3,9	7,1	8,6	11,5	13,3	14,4	15,2	17,0	18,0	18,1
Черкаська	-3,5	-2,5	-4,4	-3,6	-2,8	-1,1	0,8	2,1	3,8	7,6	9,7	11,9	14,1	15,7	17,2	18,5	20,0	19,9
Луганська	-4,6	-3,8	-5,8	-5,4	-4,2	-2,6	-0,2	1,0	3,1	7,3	9,9	11,7	14,2	15,9	17,8	18,8	20,7	21,1
Вінницька	-3,3	-2,5	-4,3	-3,1	-2,4	-0,9	0,9	2,2	4,0	7,6	9,3	11,8	13,8	15,3	16,5	17,8	19,2	19,2
Івано-Франківська	-2,6	-2,0	-3,6	-2,1	-1,6	-0,2	1,2	2,6	4,1	7,1	8,4	11,2	12,9	13,9	14,7	16,6	17,7	17,9
Кіровоградська	-3,5	-2,6	-4,3	-3,6	-2,6	-1,0	1,0	2,2	4,0	7,9	9,9	12,0	14,3	15,9	17,5	18,7	20,3	20,3
Дніпропетровська	-3,4	-2,5	-4,3	-3,7	-2,6	-1,1	1,2	2,3	4,2	8,0	10,4	12,2	14,7	16,3	18,1	19,3	20,9	21,1
Донецька	-3,8	-3,0	-4,8	-4,4	-3,4	-1,8	0,6	1,6	3,7	7,6	10,0	11,7	14,3	15,9	17,9	19,0	20,9	21,3
Закарпатська	-1,4	-0,9	-2,1	-0,9	0,2	1,7	3,3	4,8	6,6	9,3	10,6	13,3	14,9	15,7	16,7	18,6	19,6	19,9
Чернівецька	-2,8	-1,9	-3,5	-2,2	-1,6	0,1	1,7	3,1	4,9	8,1	9,6	12,2	14,2	15,4	16,4	18,0	19,4	19,5
Одеська	-1,7	-0,8	-2,4	-1,2	-0,4	1,1	2,9	4,1	5,6	8,7	10,4	12,4	14,8	16,4	18,0	19,4	21,2	21,5
Запорізька	-2,4	-1,6	-3,2	-2,6	-1,8	-0,4	1,9	2,8	4,8	8,0	10,4	12,1	14,7	16,4	18,4	19,6	21,5	22,0
Миколаївська	-2,0	-1,3	-2,8	-1,8	-0,9	0,5	2,5	3,7	5,4	8,6	10,7	12,6	15,0	16,7	18,4	19,7	21,5	21,8
Херсонська	-1,3	-0,6	-1,9	-1,4	-0,6	0,7	2,8	3,8	5,3	8,3	10,5	12,3	14,8	16,6	18,5	19,9	21,9	22,4
АР Крим**	0,8	0,8	0,0	-0,2	0,9	1,8	3,4	4,2	5,9	8,4	10,4	11,8	14,0	15,9	17,9	19,2	21,2	21,7

Продовження Таблиці 1

Область	VII			VIII			IX			X			XI			XII		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Чернігівська	19,6	20,3	21,0	20,5	19,5	17,6	15,6	13,6	11,6	9,8	7,6	5,1	3,8	1,5	-0,6	-2,0	-3,1	-3,3
Сумська	19,7	20,5	21,1	20,6	19,7	17,8	15,7	13,6	11,7	9,8	7,5	4,8	3,4	1,1	-1,1	-2,3	-3,6	-3,8
Волинська	19,1	19,4	20,3	20,3	18,9	17,5	15,3	13,8	11,9	10,3	8,2	6,4	5,4	3,2	0,9	-0,5	-1,1	-1,8
Рівненська	19,0	19,5	20,4	20,3	19,0	17,6	15,3	13,9	11,9	10,3	8,2	6,3	5,4	2,9	0,7	-0,7	-1,5	-2,1
Житомирська	19,2	19,6	20,5	20,3	19,1	17,5	15,4	13,8	11,7	10,0	7,9	5,8	4,8	2,4	0,3	-1,1	-2,0	-2,4
Київська	20,2	20,7	21,6	21,3	20,1	18,5	16,3	14,6	12,5	10,6	8,4	6,0	4,8	2,4	0,2	-1,2	-2,2	-2,5
Львівська	18,9	19,1	19,9	20,0	18,8	17,6	15,2	14,0	12,2	10,7	8,7	7,0	6,1	3,8	1,4	-0,1	-0,7	-1,4
Хмельницька	19,2	19,5	20,5	20,5	19,3	17,9	15,6	14,3	12,2	10,5	8,4	6,2	5,3	2,8	0,5	-1,2	-1,9	-2,7
Полтавська	20,9	21,7	22,3	22,0	21,1	19,2	16,9	15,1	13,0	11,0	8,6	5,8	4,3	2,0	-0,1	-1,6	-2,7	-2,9
Харківська	20,9	21,9	22,3	22,1	21,3	19,2	16,9	14,9	12,9	10,8	8,5	5,5	3,8	1,5	-0,5	-2,0	-3,4	-3,4
Тернопільська	18,9	19,2	20,2	20,2	19,1	17,7	15,4	14,1	12,2	10,5	8,5	6,5	5,5	3,0	0,7	-0,9	-1,5	-2,4
Черкаська	20,6	21,1	22,0	21,7	20,6	19,0	16,6	15,0	13,0	10,9	8,7	6,2	5,0	2,6	0,5	-1,0	-2,0	-2,4
Луганська	21,3	22,4	22,7	22,5	21,7	19,6	17,2	15,1	13,1	10,9	8,8	5,7	3,8	1,5	-0,6	-2,0	-3,6	-3,4
Вінницька	20,0	20,3	21,3	21,1	20,1	18,5	16,2	14,8	12,6	10,8	8,6	6,4	5,4	2,9	0,5	-1,1	-2,0	-2,6
Івано-Франківська	18,8	18,9	19,7	19,8	18,7	17,6	15,1	13,9	12,1	10,5	8,4	6,6	5,5	3,2	0,7	-0,7	-1,2	-2,4
Кіровоградська	21,1	21,6	22,5	22,3	21,4	19,7	17,1	15,6	13,6	11,5	9,1	6,6	5,2	2,7	0,7	-0,8	-1,9	-2,2
Дніпропетровська	21,8	22,6	23,3	23,1	22,2	20,4	17,9	16,2	14,1	11,9	9,5	6,7	5,0	2,7	0,8	-0,7	-2,0	-2,1
Донецька	21,8	22,8	23,4	23,4	22,4	20,5	17,9	16,0	13,9	11,7	9,5	6,4	4,5	2,2	0,1	-1,4	-2,8	-2,5
Закарпатська	20,6	20,6	21,4	21,9	20,6	19,6	16,8	15,7	13,7	12,3	10,0	8,1	6,9	5,3	2,8	1,3	-0,1	-1,2
Чернівецька	20,3	20,4	21,4	21,4	20,4	19,1	16,6	15,3	13,3	11,4	9,3	7,0	5,9	3,5	1,0	-0,6	-1,3	-2,4
Одеська	22,5	22,6	23,8	23,8	22,9	21,4	18,5	17,3	15,2	13,3	11,0	8,6	7,4	5,1	2,8	1,2	-0,1	-0,7
Запорізька	22,7	23,4	24,2	24,2	23,1	21,4	18,8	17,1	15,1	12,8	10,5	7,8	5,8	3,6	1,8	0,2	-1,1	-1,0
Миколаївська	22,8	23,2	24,3	24,3	23,2	21,5	18,8	17,4	15,4	13,2	10,8	8,2	6,7	4,3	2,4	0,9	-0,4	-0,7
Херсонська	23,3	23,9	24,7	24,8	23,6	22,1	19,4	18,1	15,9	13,8	11,5	8,8	7,0	5,0	3,2	1,7	0,3	0,2
АР Крим**	23,0	23,7	24,4	24,4	23,3	21,8	18,8	17,8	16,2	14,3	12,1	9,7	8,0	6,4	4,8	3,4	1,7	1,9

Таблиця 2 - Середня декадна кількість опадів, мм (1991-2020 рр.),

Область	I			II			III			IV			V			VI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Чернігівська	11	13	17	14	14	11	13	14	11	14	14	11	15	20	29	19	20	26
Сумська	13	13	17	13	12	11	13	15	12	13	12	12	15	17	26	16	19	26
Волинська	10	12	15	12	12	11	12	14	12	16	15	11	17	21	31	19	27	29
Рівненська	10	10	13	11	11	11	12	13	10	13	13	11	15	22	29	21	24	30
Житомирська	11	10	15	14	12	11	15	15	11	13	15	12	16	20	27	25	24	25
Київська	11	10	14	12	12	10	12	13	11	12	14	12	15	19	28	21	24	26
Львівська	12	11	15	14	15	13	14	16	14	16	18	14	20	28	40	26	30	32
Хмельницька	12	9	12	12	12	11	11	14	11	14	17	13	13	20	29	30	26	31
Полтавська	13	13	17	13	12	10	13	17	13	12	10	12	15	17	26	17	21	29
Харківська	13	12	17	13	14	10	12	16	14	12	13	12	14	16	26	16	21	28
Тернопільська	11	9	12	13	12	11	12	15	12	13	15	13	18	23	31	25	28	28
Черкаська	12	11	14	12	12	9	12	14	12	11	13	12	13	18	27	17	23	33
Луганська	13	11	19	12	14	11	12	12	13	11	14	13	12	16	21	16	20	26
Вінницька	12	10	11	11	13	10	11	13	12	13	18	13	13	19	27	25	25	31
Івано-Франківська	10	8	11	12	13	9	13	15	16	15	23	14	21	29	41	35	38	42
Кіровоградська	12	11	14	11	11	8	12	12	12	12	12	10	11	16	26	18	23	31
Дніпропетровська	12	12	16	12	13	9	12	16	14	15	13	12	13	16	23	15	22	28
Донецька	15	14	20	15	15	10	14	16	14	14	15	13	15	14	22	16	20	26
Закарпатська	20	19	23	24	20	16	20	17	16	15	20	14	19	28	29	25	31	24
Чернівецька	20	19	23	24	20	16	20	17	16	15	20	14	19	28	29	25	31	24
Одеська	12	9	14	8	11	9	10	8	13	9	13	9	12	12	22	17	20	27
Запорізька	13	13	17	14	13	9	11	14	13	14	12	12	14	12	21	15	20	20
Миколаївська	11	10	13	10	11	9	9	10	11	11	12	7	12	12	23	17	18	25
Херсонська	11	9	12	11	10	8	9	11	11	11	12	9	12	11	17	15	15	19
АР Крим**	10	10	14	10	10	8	9	13	12	13	10	8	10	10	14	17	13	23

Продовження Таблиці 2

Область	VII			VIII			IX			X			XI			XII		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Чернігівська	24	27	24	18	16	18	21	15	17	19	14	16	14	17	15	13	16	17
Сумська	24	31	21	14	12	18	20	13	17	16	13	18	13	15	13	13	15	15
Волинська	29	33	30	23	21	20	23	21	17	14	16	15	16	14	11	12	16	15
Рівненська	33	36	32	20	19	21	20	22	17	15	16	13	13	15	11	12	15	14
Житомирська	28	32	31	18	21	20	18	18	17	15	15	15	13	14	17	13	14	16
Київська	26	23	24	20	19	16	19	16	19	17	12	14	11	14	15	13	14	15
Львівська	30	34	37	25	27	22	28	24	21	16	20	17	16	15	12	13	14	16
Хмельницька	27	33	33	21	21	22	20	22	18	14	15	14	11	15	14	12	12	14
Полтавська	22	21	19	13	11	17	21	14	19	15	14	17	11	15	14	13	15	17
Харківська	21	21	18	13	11	16	16	15	17	14	14	18	12	16	14	13	14	18
Тернопільська	26	30	31	22	22	20	23	23	17	14	15	13	12	14	11	10	14	15
Черкаська	23	22	19	17	13	19	22	15	19	16	13	14	10	15	14	13	12	15
Луганська	22	16	20	13	10	15	14	14	16	13	13	16	10	16	14	12	17	18
Вінницька	27	28	27	19	16	24	20	21	17	13	13	13	9	14	17	13	12	13
Івано-Франківська	30	32	51	28	25	24	28	25	23	18	19	17	13	13	11	9	12	15
Кіровоградська	22	22	18	14	11	20	19	15	18	16	13	12	9	15	14	11	11	14
Дніпропетровська	19	15	15	15	12	16	14	12	17	12	13	13	12	16	13	11	13	17
Донецька	19	15	16	11	12	15	15	14	17	12	14	16	12	16	15	13	17	21
Закарпатська	29	26	34	23	23	21	25	23	24	18	22	27	25	21	19	21	27	30
Чернівецька	29	26	34	23	23	21	25	23	24	18	22	27	25	21	19	21	27	30
Одеська	20	16	17	13	10	17	16	14	16	15	13	10	10	14	14	12	11	13
Запорізька	17	12	16	13	10	16	13	11	16	10	12	14	10	15	13	11	14	18
Миколаївська	20	15	15	10	10	15	15	14	13	13	12	10	9	14	11	10	11	13
Херсонська	15	11	13	10	11	13	12	11	14	10	11	10	9	13	13	9	12	13
АР Крим**	14	11	12	15	14	16	16	10	13	9	15	14	11	14	13	11	13	15

Середня місячна кількість опадів по Одеській області згідно кліматичних норм 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.

Станція	січень		лютий		березень		квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень		листопад		грудень	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
	Одеса	42	42,7	41	35,3	31	33,6	34	28,0	39	38,9	42	47,1	49	44,7	34	39,8	36	41,6	26	36,6	42	38,7	48
Любашівка	40	33,8	39	26,8	34	30,2	39	33,0	52	49,6	62	70,3	82	66,5	55	43,6	43	45,8	28	39,0	43	40,9	43	36,4
Затішшя	39	33,9	39	29,1	32	28,6	35	33,0	46	50,1	66	72,2	68	59,5	43	35,9	36	46,9	27	39,8	36	37,9	40	36,2
Сербка	31	27,6	29	25,2	26	26,6	34	23,8	39	40,2	60	59,7	65	50,1	44	39,6	38	46,6	23	30,2	34	30,0	37	32,8
Роздільна	37	35,0	37	29,1	30	31,7	36	27,4	47	42,8	69	66,7	69	57,0	40	43,3	42	54,5	26	36,2	39	39,1	40	34,9
Сарата	33	34,7	34	24,9	26	29,5	32	28,9	51	41,9	63	64,0	61	51,6	42	44,5	44	47,7	26	36,64	34	36,3	39	35,2
Вилкове	30	62,9	28	40,6	23	28,9	29	24,0	36	44,3	49	44,4	35	43,2	33	17,1	26	28,8	38	64,0	38	33,3	40	48,6
Ізмаїл	36	42,5	43	29,2	33	22,5	34	28,8	47		57	64,4	51	53,3	38	17,8	46	26,1	25	52,1	37	31,2	42	41,2
Болград	34	35,1	39	27,8	32	35,8	36	37,0	48	48,6	67	68,9	61	45,5	50	41,9	47	45,7	27	46,9	36	38,9	39	41,9
Б-Дністровський		37,9		28,9		31,5		25,6		39,2		47,9		38,5		37,8		43,9		36,7		38,6		33,6
Чорноморськ		35,3		29,1		28,9		22,2		34,8		47,6		40,7		33,9		38,5		32,8		34,5		30,5

Середня місячна температура повітря по Одеській області згідно кліматичних норм 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.

Станція	січень		лютий		березень		квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень		листопад		грудень	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Одеса	-1,7	-0,4	-0,9	0,4	2,5	4,3	9,0	10,0	15,2	16,2	19,4	20,8	21,5	23,4	21,2	23,1	16,9	17,8	11,2	12,0	5,8	6,3	1,4	1,5
Любашівка	-5,0	-3,1	-3,3	-1,8	0,8	3,0	9,1	10,1	15,4	16,0	18,5	19,7	20,0	21,8	19,5	21,4	15,2	15,9	8,9	9,5	2,9	3,4	-1,7	-1,3
Затишся	-3,9	-2,7	-2,9	-1,3	1,7	4,2	9,5	10,3	15,5	16,2	19,0	20,2	20,6	22,4	20,4	22,0	15,9	16,4	9,5	10,0	3,5	3,9	-1,3	-1,0
Сербка	-3,7	-1,9	-2,2	-0,9	2,1	4,2	9,6	10,6	15,7	16,4	19,5	20,8	21,3	23,2	21,0	22,8	16,3	16,8	9,8	10,5	4,0	4,6	-0,5	0,05
Роздільна	-3,7	-2,3	-2,2	-0,3	2,0	3,6	9,7	10,5	15,7	16,5	19,3	20,7	21,0	23,0	20,7	22,6	16,3	16,8	9,9	10,4	3,9	4,4	-0,6	-0,4
Сарата	-2,1	-1,1	-0,8	0,5	3,2	4,7	10,0	10,5	15,9	16,5	19,8	20,8	21,7	23,3	20,9	22,7	16,5	17,1	11,3	11,1	5,2	5,7	0,6	0,6
Вилкове	-1,2	0,5	-0,5	2,5	3,6	6,3	9,5	12,0	15,8	17,9	20,0	22,5	22,4	24,6	21,5	24,4	17,1	19,0	11,8	12,9	6,5	8,2	1,4	3,3
Ізмаїл	-1,7	-0,8	-0,1	1,6	4,0	6,2	10,6	11,7	16,3	17,3	20,0	21,9	21,8	24,0	21,2	24,2	17,0	19,0	11,1	12,1	5,7	7,2	0,9	1,9
Болград	-2,2	-1,0	-0,5	0,8	3,6	5,2	10,0	11,2	16,2	16,9	20,0	21,1	21,6	23,4	21,2	23,1	16,9	17,6	11,0	11,6	5,2	5,89	0,4	0,6
Б-Дністровський		-0,5		0,6		4,8		10,9		17,3		21,8		24,2		23,8		18,3		12,4		6,6		1,51
Чорноморськ		-0,2		0,6		4,4		9,9		16,3		21,1		23,9		23,3		18,0		12,4		6,8		1,7

ЗАМОРОЗКИ І ЇХНІЙ ПРОГНОЗ

6.3. Теоретичні відомості

На території України заморозки спостерігаються щорічно, приносячи значний збиток сільськогосподарському виробництву. Зниженню шкідливого впливу заморозків на сільськогосподарські культури, застосуванню раціональних прийомів захисту від них сприяє своєчасний прогноз настання цього несприятливого явища.

Заморозок визначають як короткочасне зниження температури повітря або ґрунту до 0 °С и нижче на тлі позитивних середньодобових температур повітря. Заморозки характерні для теплого періоду року, і звичайно їх спостерігають навесні і восени.

За умовами утворення розрізняють три типи заморозків:

1) *адвективні*, що зумовлюються вторгненням на територію холодних арктичних мас повітря. Супроводжуються нерідко сильними вітрами і різким зниженням температури не тільки в нічні, але й у денні години. Охоплюють великі райони і можуть продовжуватися кілька діб підряд. Найчастіше характерні для весни і пізньої осені, коли вже припиняється вегетація багатьох сільськогосподарських культур, тому вони менш небезпечні;

2) *радіаційні*, котрі обумовлені інтенсивним нічним випромінюванням підстильної поверхні, спостерігаються зазвичай при тихій безхмарній погоді. Спочатку знижується температура поверхні ґрунту (або травостою) до від'ємної, потім - у прилягаючому шарі повітря. При цьому спостерігається інверсія температури. Ці заморозки характерні для періоду, коли більшість сільськогосподарських культур активно вегетують, тому вони більш небезпечні;

3) *адвективно-радіаційні (змішані)* утворюються в результаті спільної дії двох причин, тобто адвекції холодного повітря північного походження і наступного нічного вихолоджування за рахунок інтенсивного випромінювання підстильної поверхні. До цього типу відносяться переважно пізні весняні і ранні осінні заморозки, що представляють найбільшу небезпеку для сільськогосподарських культур.

Найбільш тривалі заморозки першого типу. Прогрівання холодної маси повітря займає 3...4 діб. Заморозки другого типу часто називають «ранками», тому що вони виникають протягом ночі (5...6 год., іноді до 8...10 год.). Третій тип заморозків триває звичайно 3...4 год., спостерігається з половини ночі або над ранок.

Інтенсивність заморозків різна: при адвективних температура знижується до -8...-10 °С, при змішаних - відповідно до -2...-3 °С. При цьому в

пригрунтових шарах повітря і на ґрунті температура від'ємна, а на висоті 2 м може бути позитивною.

За інтенсивністю заморозки поділяють на слабкі - від 0 до -2 °С; середні - від -3 до -5 °С; сильні - від -5 °С і нижче.

Залежно від місцевих умов інтенсивність заморозків може значно змінюватися (табл.6.3). Радіаційні і змішані заморозки найчастіше виникають і стають більшої сили в знижених місцях - долинах, улоговинах, замкнених котлованах, лісових галявинах, де застоюється холодне повітря. Розвиткові заморозків сприяють сухі і розпушені ґрунти, осушені болота. У цілому всі знижені форми рельєфу відрізняються більшою заморозконебезпечністю. На відміну від них імовірність і інтенсивність заморозків на височинах і схилах зменшується, і вони там настають рідше.

Стійкість рослини до заморозків визначають, з одного боку, характером заморозку (час настання, інтенсивність, тривалість), а з іншого боку - станом самої рослини (культура, сорт, фаза розвитку, агротехніка)

Температуру, нижче якої рослини ушкоджуються або гинуть, називають *критичною*.

Таблиця 6.3 - Зміна імовірності та інтенсивності заморозків залежно від місця розташування (за І. Гольцбергом)

Місце розташування	Імовірність заморозків ¹ , %	Зміна інтенсивності заморозків ² , °С
Вершини і верхні частини схилів	-30	Близько +2
Долини в горбкуватій місцевості	+20	-1,5...-2
Долини в горах	+30	-2
Улоговини	+40	-4...-5
Галявини	+30	Близько -2
Острови й узбережжя	-35	+2
Міста	-20	+2...+3

¹Знак «+» означає збільшення імовірності заморозків, знак «-» - зменшення її на зазначений відсоток.

²Знак «+» означає підвищення температури, знак «-» - зниження її порівняно з рівною відкритою ділянкою.

За ступенем стійкості польових рослин до заморозків, починаючи від періоду повних сходів, виділено 5 груп (за В.Н. Степановим).

1. Найстійкіші, що витримують зниження температури до -8...-10 °С.
2. Стійкі, що витримують зниження температури до -6...-8 °С.
3. Середньостійкі, що витримують заморозки до -3...-4 °С.
4. Малостійкі, що витримують заморозки до -2...-3 °С.

5. Нестійкі, що ушкоджуються легкими заморозками при $-0,5...1^{\circ}\text{C}$.

Критичні температури, що викликають ушкодження рослин, і їхня стійкість до заморозків приведені в таблиці.6.4.

Таблиця 6.4 - Стійкість сільськогосподарських культур до приморозків у різні фази розвитку (за В.Н, Степановим)

Культура	Температура, $^{\circ}\text{C}$, яка пошкоджує рослини у фази		
	сходи	цвітіння	дозрівання
<i>Найстійкіші до приморозків</i>			
Яриця	-9..-10	-1..-2	-2..-4
Овес		-1..-2	-2..-4
Ячмінь	-7..-8	-1..-2	-2..-4
Горох	-7..-8	-2..-3	-3..-4
Сочевиця	-7..-8	-2..-3	-3..-4
Чина	-7..-8	-2..-3	-3..-4
Коріандр	-8 -10	-2..-3	-3..-4
<i>Стійкі до приморозків</i>			
Люпин	-6..-8	-3..-4	-3..-4
Вика ярова	-6..-7	-3..-4	-2..-4
Боби	-5..-6	-2..-3	-3..-4
Соняшник	-5..-6	-2..-3	-2..-3
Гірчиця біла	-6..-4	-2..-3	-3..-4
Льон	-5..-7	-2..-3	-2..-4
Буряк цукровий	-6..-7	-2..-3	
Буряк кормовий	-6..-7		
Морква	-6..-7		
Турнепс	-6..-7		
<i>Середньостійкі до приморозків</i>			
Капуста	-5..-7	-2..-3	-6..-9
Соя	-3..-4	-2..-3	-2..-3
Могар	-3..-4	-1..-2	-2..-3
Люпин жовтий	-4..-5	-1..-2	-2..-3
<i>Малостійкі до заморозків</i>			
Кукурудза	-2..-3	-1..-2	-2..-3
Просо	-2 .-3	-1..-2	-2..-3
Сорго	-2 .-3	-1..-2	-2 .-3
Картопля	-2 .-3	-1..-2	-2 .-3
<i>Нестійкі до заморозків</i>			
Гречка	-1..-2	-1..-2	-1,5..-2
Квасоля	-1 ..-1,5	-0,5..-1	.-2
Бавовник	-0,5..-1	-0,5..-1	-1
Баштанні	-0,5..-1	-0,5..-1	-0,5..-1
Рис	-0,5..-1	-0,5..-1	-
Арахіс	-0,5..-1	-	-
Огірки	0...-1	0...-1	0...-1
Томати	0...-1	0...-1	0...-1

Прогноз заморозків

Для успішної і своєчасної боротьби з заморозками необхідно передбачати час і імовірність їхнього настання, інтенсивність. Адвективні заморозки прогнозують в установах гідрометеослужби, оскільки настання хвилі холоду на великій території можна передбачити тільки на підставі аналізу синоптичних карт. Для невеликих ділянок, окремих пунктів, де мікрокліматичні умови сильно впливають на розподіл і інтенсивність заморозку, такі прогнози вимагають уточнення. Особливо важливо детально визначати час настання і силу радіаційних заморозків, що в значній мірі залежить від характеру рельєфу, ґрунту, рослинності і не може бути враховане при аналізі синоптичної обстановки. Прогнози радіаційних заморозків можна скласти на підставі даних найближчої метеорологічної станції або за спостереженнями безпосередньо на полі.

Прогноз радіаційних заморозків в повітрі і на ґрунті в однорідних повітряних масах при швидкостях вітру менше 5-6 м·с⁻¹ і хмарності менше 8 - 10 балів складають, використовуючи спеціальні номограми (рис.6.2 – 6.3).

Початковими для прогнозу є дані метеоспостережень в початковий термін: температура повітря T_0 і парціальний тиск водяної пари e_0 (гПа) на висоті 2 м, температуру поверхні ґрунту θ_0 , швидкість вітру V (м·с⁻¹), візуальна оцінка зволоження ґрунту за градаціями: суха, волога, мокра. До початкових даних відноситься також очікувана в найближчу ніч хмарність.

Враховуючи наближений характер способу, вже при T_{\min} і θ_{\min} менше за 2 °С слід вживати заходи по боротьбі із заморозками

Для розрахунку мінімальних значень температури в періоди повернення холодів використовують методику, яка рекомендує застосування графіка добового ходу температури. Прийнято вважати, що якщо о 21 год за місцевим часом $T_d \leq 0$ °С або $T_d \leq 2$ °С при ясному небі і штилі, то вночі слід чекати заморозки, а якщо $T_d > 2$ °С, то заморозки малоімовірні/

Для прогнозу заморозків використовують кілька методів в окремому пункті, застосовуваних у різний час, з обліком наявної метеорологічної інформації (методи В.А. Міхельсона, П.И. Броунова, А.И. Михалевського, А.Ф.Чудновського, М.Е. Берлянда, Г.З. Венцкевича та ін.).

Метод Міхельсона дозволяє визначити імовірність виникнення заморозків за графіком (рис. 6.4), де по горизонтальній осі відкладені значення абсолютної вологості (в мм рт.ст.), а по вертикальній – імовірність виникнення заморозків. Похилі лінії відповідають абсолютній вологості повітря о 13 і 21 год за місцевим часом.

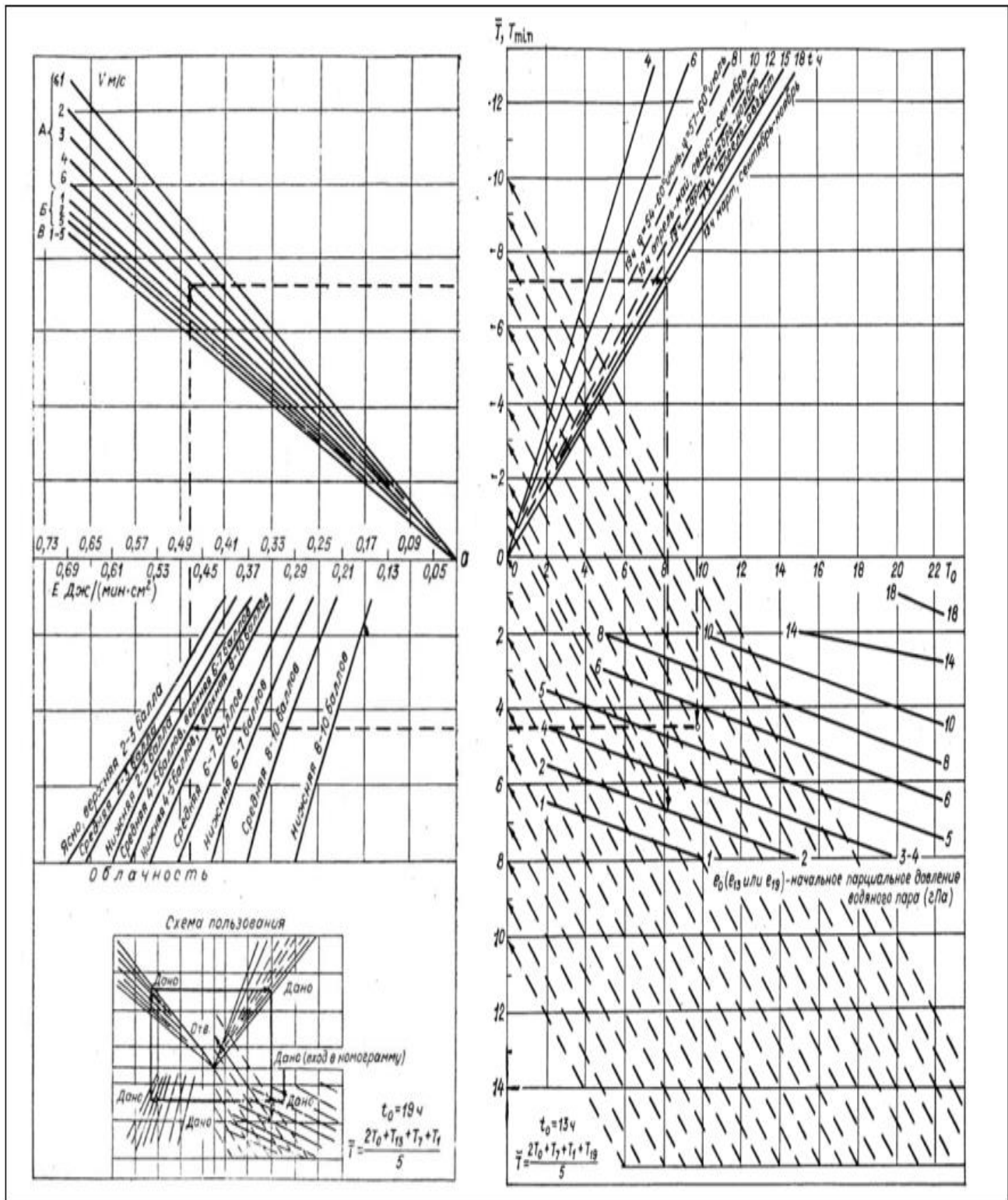


Рисунок 6.2 - Номограмма для визначення заморозків в повітрі

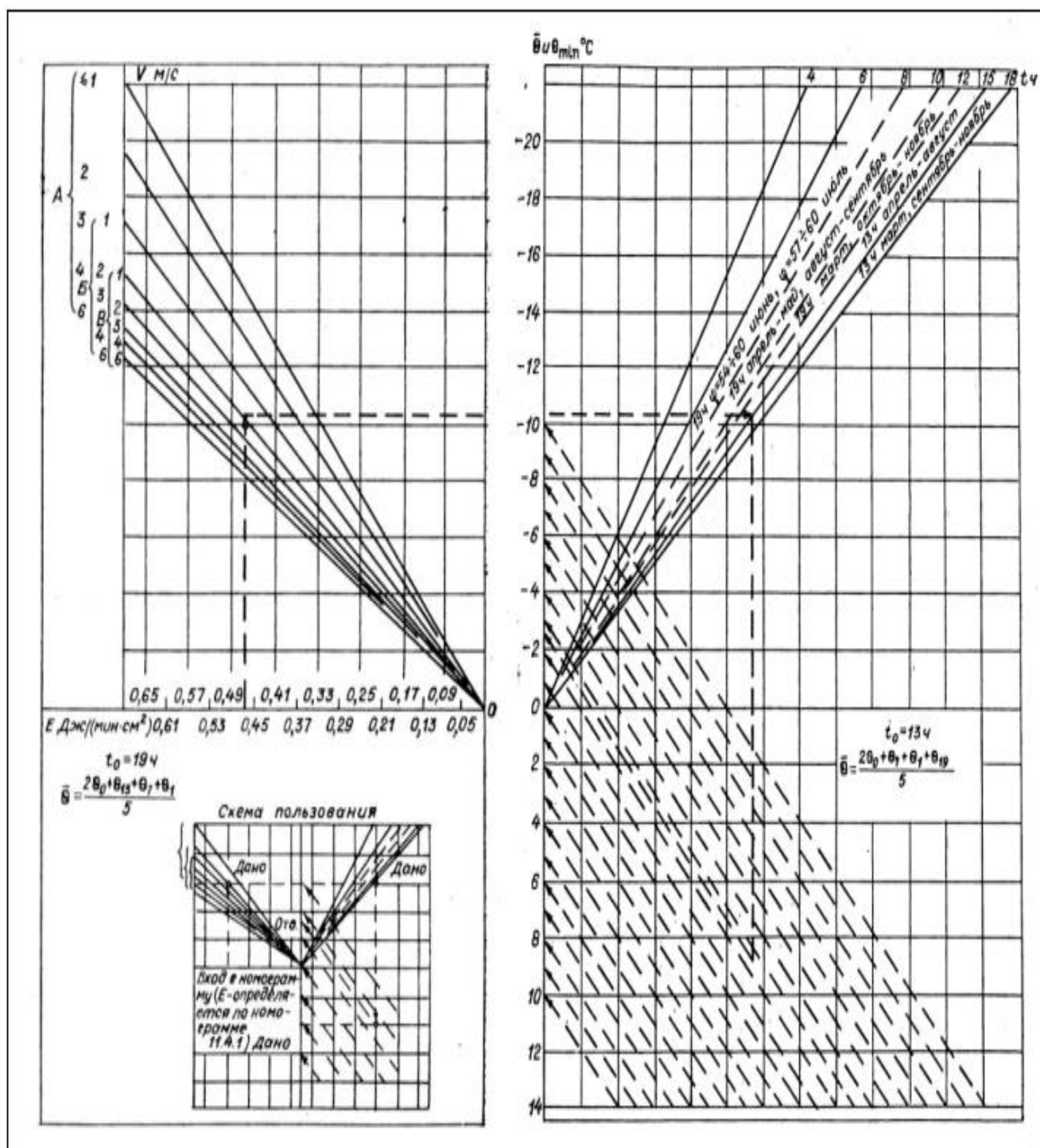


Рисунок 6.3 - Номограмма для визначення заморозків на поверхні ґрунту

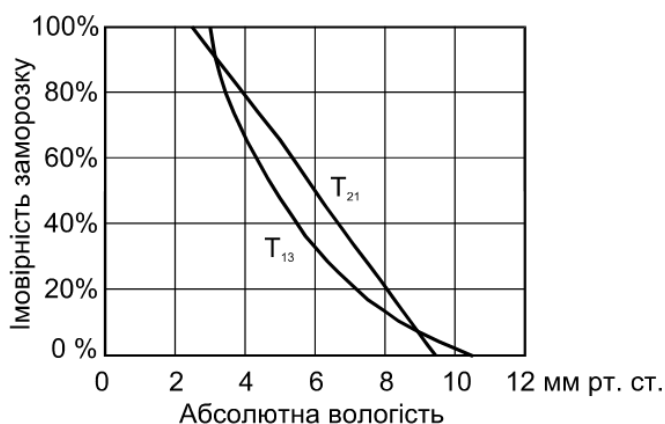


Рисунок 6.4 – Графік Міхельсона для визначення імовірності заморозків.

Необхідно враховувати, що розрахунки застосовні для оцінки імовірності заморозку в повітрі. При ясному небі поверхня ґрунту холодніше повітря до 3°C, а при похмурому - не більше 2 °. Значення абсолютної вологості о 13 і в 21 год., а також відповідні їм імовірності заморозків приведені в таблиці 2, що зручно використовувати для завбачення заморозків. Імовірність заморозку в 13 год. можна вважати попередньою, а о 21 год - остаточною. Крива на графіку в 13 год. має трохи інший вид, ніж о 21 год. (рис.6.4), тому і різні імовірності. Приведений метод не дає уявлення про інтенсивність заморозку.

Таблиця 6.5 - Імовірність заморозку, розрахована за абсолютною вологістю о 13 і 21 год.

Час заморозку	Імовірність заморозку, %, при абсолютній вологості, мм рт.ст.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13 год	100	100	97	65	45	31	21	13	7	3
21 год	100	100	93	78	64	50	35	20	5	0

Метод Броунова також дозволяє розрахувати можливість виникнення заморозків в імовірнісній формі (рис. 6.5). На графіку по горизонтальній осі знаходиться різниця температур о 13 і 21 год за місцевим часом, а по вертикальній – температура повітря о 21 год. Шість похилих ліній показують різну імовірність виникнення заморозків.

Цей метод привабливий тим, що використовувана інформація про температуру повітря доступна практично усім. Одержати ці дані можливо навіть минаючи метеорологічну станцію, тобто на своїй ділянці, полі.

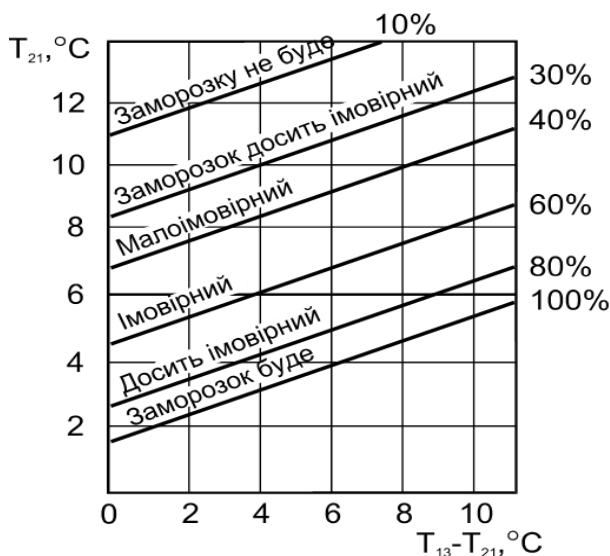


Рисунок 6.5— Графік Броунова для визначення імовірності заморозків.

Імовірність виникнення заморозку визначають по температурі повітря о 21 год і різниці температур о 13 і 21 год (рис.6.5).

Цей метод не дозволяє судити про інтенсивність заморозку. Корисно пам'ятати, що ясна тиха погода ввечері, що спостерігається після 21 год, сприяє настанню заморозку, а хмарна і вітряна — навпаки, зниженню його імовірності.

Метод А.И. Михалевського. Для прогнозу потрібні дані, виміряні психрометром на висоті 2 м о 13 год. Очікувану мінімальну температуру повітря, °C, на першому етапі розраховують за формулою:

$$t_{\text{пов}} = t' - (t - t')C$$

а мінімальну температуру на поверхні ґрунту, °C, - за формул

$$t_{\text{ґрунт}} = t' - (t - t')2C$$

де t' — температура повітря по змоченому термометру; t - температура повітря по сухому термометру; C - коефіцієнт, який залежить від відносної вологості повітря (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 - Коефіцієнт C залежно від відносної вологості f повітря о 13 год

$f, \%$	C	$f, \%$	C	$f, \%$	C
100	5,0	70	2,0	40	0,9
95	4,5	65	1,8	35	0,8
90	4,0	60	1,5	30	0,7
85	3,5	55	1,3	25	0,5
80	3,0	50	1,2	20	0,4
75	2,5	45	1,0	15	0,3

На другому етапі розрахунків за спостереженнями за хмарністю о 21 год. обчислені мінімальні температури за наведеними формулами коректують у такий спосіб:

- якщо хмарність менше 4 балів, то отриманий мінімум температури повітря і ґрунту зменшують на 2 °С;
- якщо хмарність 4...7 балів, то в розрахований мінімум температури поправок не вводять, тобто залишають результат, отриманий о 13 год.;
- якщо хмарність більше 7 балів, то очікуваний мінімум температури збільшується на 2 °С.

Результати прогнозу заморозків за методом Михалевського оцінюють залежно від мінімальної температури, отриманої після уточнення о 21 год.

<i>Мінімальна температура., °С</i>	<i>Менше -2</i>	<i>-2...2</i>	<i>Більше 2</i>
Імовірність заморозку	Очікується	Ймовірний	Малоймовірний

Інтенсивність заморозку змінюється від характеру рельєфу, де розташовані сільськогосподарські поля. Отримані результати про заморозок можна поширити на інші території з урахуванням змін їхньої інтенсивності залежно від місця розташування (табл. 6.3).

Питання для самоперевірки:

1. Що розуміють під явищем «заморозок»?
2. Які типи заморозків розрізняють за умовами утворення:?
3. Коли настають пізні весняні і ранні осінні заморозки?
4. При яких синоптичних процесах частіш за все формуються заморозки над Україною?
5. Що розуміють під «інтенсивністю» заморозків?
6. За якими предикторами складають прогноз заморозків за методами Міхельсона і Броунова?

6.4 Практична частина.

1. Скласти прогноз заморозків за методом Михалевського.
2. Визначають відносну вологість повітря, користуючись вихідними даними таблиці про температуру сухого і змоченого термометрів, тиску атмосфери. Для цих цілей застосовують «Психрометричні таблиці», у яких угорі над колонками дана температура сухого термометра t , а по температурі

змоченого термометра t' визначають значення відносної вологості повітря. Поправка на тиск у приведених задачах буде незначною, нею можна зневажити.

3. Знаходять по отриманій відносній вологості значення коефіцієнта C (табл. 6.6).

4. Обчислюють, застосовуючи формули, очікувану мінімальну температуру повітря і ґрунту за даними на 13 год. Температуру округлити до десятих часток градуса.

5. Вносять поправку на хмарність за спостереженнями о 21 год в отримані мінімальні температури.

6. Оцінюють імовірність заморозку в повітрі і на поверхні ґрунту.

7. Заносять результати розрахунків у таблицю 6.7

8. Визначають зміну інтенсивності заморозку від місця розташування (табл. 6.8).

9. Припускають, які сільськогосподарські культури, що знаходяться у фазі сходів, можуть бути ушкоджені від очікуваних заморозків, користуючись таблицею 6.4.

Таблиця 6.7 - Розрахунок імовірності заморозків

Показник	Варіант задачі			
	1	2	3	4
<i>Вихідні дані</i>				
Температура термометра о 13 год., °С: сухого змоченого				
Атмосферний тиск, гПа				
Хмарність о 21 год., бали				
<i>Розрахункові дані</i>				
Відносна вологість о 13 год., %				
Коефіцієнт C				
Мінімальна температура повітря о 13 год., °С: повітря поверхні ґрунту				
Мінімальна температура о 21 год. (з поправкою на хмарність), ° С: повітря поверхні ґрунту				
<i>Оцінка імовірності заморозку</i>				
У повітрі				
На поверхні ґрунту				

Таблиця 6.8- Інтенсивність заморозку залежно від місця розташування

Місцезнаходження	Зміна інтенсивності заморозку, °С	Дата			
Вершини і верхні частини схилів	+ 1,2				
Долини в горбкуватій місцевості	-3,0				
Улоговини	-5,0				
Галявини	-2,0				
Міста	+2,5				

Перелік посилань

1. Клімат України / Липінський В. М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Київ: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
2. Логвинов К.Т., Бабіченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине // Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып.110. С.178 - 189.
3. Олексієнко І.М. Затула В.І. Оцінка впливу географічного положення на основі характеристики заморозку // Геополітика и екогеодинаміка регіонів. 2014. Том 10. Вып. 1. С.777 - 782.
4. Олексієнко І.М. Кліматичний прогноз заморозку на території України // Наук. праці УкрНДГМІ, 2012. Вип. 263. С. 66 – 80.
5. Інформаційний ресурс: електронна бібліотека ОДЕКУ <http://library-odeku.16mb.com>.

Психрометрична таблиця

Показання сухого термо- метра, °С	Різниця показів сухого і вологого термометрів, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	82	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39
відносна вологість, %											

7 ПРАКТИЧНА РОБОТА

Тема: Місцеві циркуляції. Аналіз аеросиноптичних умов виникнення бризів в Північному Причорномор'ї

Метою даної роботи є формування у студентів навиків визначення регіональних особливостей циркуляції атмосфери, що сприяє розвитку бризу (наприкладі мм. Одеса, Чорноморськ, Очаков, Скадовск, Бердянск, Мариуполь, Севастополь).

Після виконання практичного завдання студент має *оволодіти такими вміннями:*

- визначати за комплексом метеорологічних величин (напряма та швидкість вітру, температура, вологість та тиск повітря) наявність бризової циркуляції в денні години в місті за обраним варіантом;
- визначати синоптичні умови, що сприяють утворенню бризу.

7.1. Загальні теоретичні відомості

Механізм утворення морського бризу

Бриз – це мезомасштабна циркуляція, що виникає в прибережній зоні за рахунок наявності температурних контрастів між поверхнею води і суші.

Земля нагрівається сонцем і охолоджується значно швидшим, ніж водна поверхня. Вдень при прогріванні починає з'являтися місцевий контраст температури і щільності в приземному шарі над сушею і морем. Під впливом турбулентного обміну і дрібномасштабної конвекції над сушею нагріте повітря від землі переноситься у вищі шари атмосфери. Атмосферний тиск над сушею падає відносно тиску над довколишнім морем. Неоднакове нагрівання суші і моря утворює суміжні системи високого і низького тиску, і викликає появу потоку повітря – вітру, від зони високого тиску до низького. Тепле повітря, що піднімається в системі низького тиску, заміщається у поверхні землі холодним повітрям, що приходить з моря з області високого тиску. Цей вітер з моря називається *морський бриз*. Над бризом формується компенсуюча, протилежно спрямована течія – *анті-бриз* (рис.7.1).

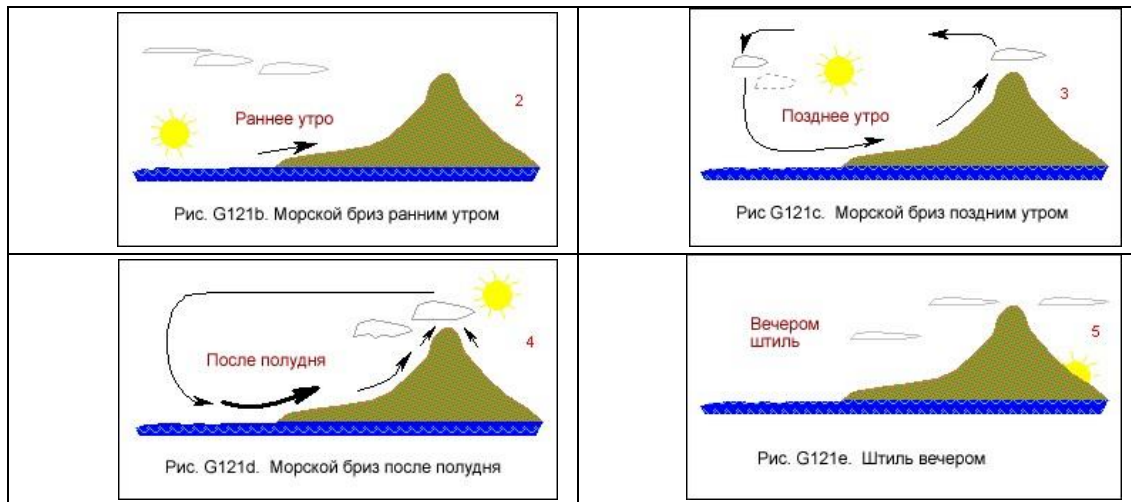


Рисунок 7.1 – Схема утворення бризу

Бризи спостерігаються не тільки в прибережній зоні морів, а й уздовж берегів озер і великих річок Явище морського бризу полягає в тому, що виникає система прямої термічної циркуляції, в якій над теплою поверхнею суші утворюються висхідні течії повітря, над холоднішою водною поверхнею спадні, в приземному шарі виникає повітряний потік з моря на сушу, а на деякій висоті з'являється компенсаційний потік, спрямований з суші на море.

Формування морського бризу призводить до появи вітру, швидкість якого становить 5 - 7 м / с, при складних умовах рельєфу 10 м / с. При появі морського бризу відбувається падіння температури повітря і підвищення вологості.

Час появи морського бризу залежить від конкретного географічного району і пори року. **Денні** (морські) бризи утворюються в період від 8 до 12 год за місцевим часом, їх згасання відбувається ввечері від 19 до 21 год за місцевим часом.

Явище **нічного** (берегового) бризу відбувається при прямій термічної циркуляції, в якій над холодною поверхнею суші з'являються низхідні рухи повітря, а над теплішою водною поверхнею висхідні, в приземному шарі виникає потік з суші на море, а на деякій висоті з'являється компенсаційний потік з моря на сушу. Берегові бризи виражені не так добре, як морські. Вони поступаються морським бризам по силі вітру і вертикальній потужності.

Уздовж узбережжя утворюється зона малохмарною або безхмарним погоди шириною від кількох кілометрів до декількох десятків кілометрів

(залежно від інтенсивності бризу і умов рельєфу). Над сушею, на видаленні від берегової лінії, утворюється бризовий фронт, в якому розвиваються купчасті і купчасто-дощові хмари. Він добре помітний на космічних зображеннях хмарного покриву і вказує на глибину проникнення морського бризу на сушу (Рис.7. 2).

На рисунку 7.3 показано зміну вектору швидкості бризового вітру протягом доби для трьох пунктів узбережжя Чорного моря.

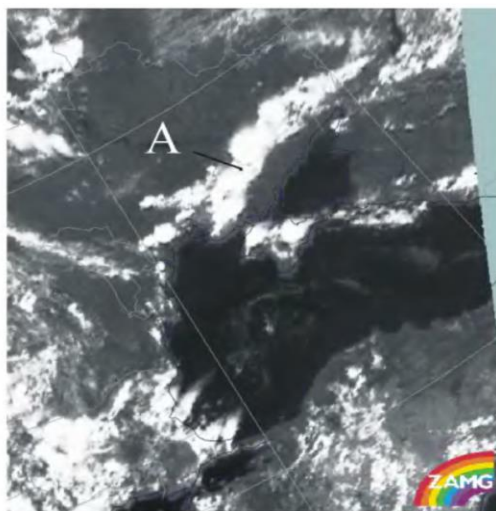


Рисунок 7.2 – Утворення бризового фронту

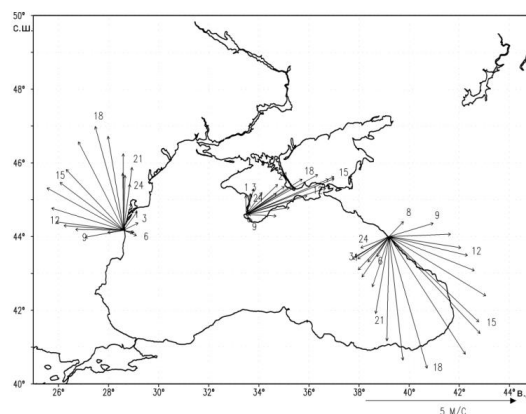


Рисунок 7.3 – Зміна вектору швидкості бризового вітру протягом доби для трьох пунктів узбережжя Чорного моря (цифри – час UTC) [5]

Для оцінки можливості виникнення бризів використовуються різноманітні методики, які враховують основні характеристики стану атмосфери та підстильної поверхні, що визначають появу бризу. До таких характеристик відносяться: загальна (фонова) циркуляція, що визначає напрямок і швидкість вітру, які зумовлюються фоновим градієнтом тиску; ступінь прогріву суші та різниця температур поверхні суші і моря; наявність хмарності, опадів тощо. В деяких методиках ці характеристики зведені до параметрів або індексів, використання яких потребує уточнення для кожної конкретної місцевості.

Для оцінки ймовірності появи і інтенсивності бризової циркуляції використовується індекс I_1 :

$$I1 = V_g^2 / c_p \Delta T, \quad (7.1)$$

де V_g – швидкість приземного геострофічного вітру в уранішні години;

($V_g = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dn} \cdot \frac{1}{2\omega \cdot \sin\varphi}$, $\omega = 7,29 \cdot 10^{-5}$ - кутова швидкість обертання Землі є постійною величиною; - $\rho = 1,29$ кг/м³- густина повітря за нормальних умов, також розглядається як константа. При розв'язанні задачі за допомогою карти диференціали замінюються кінцевими різницями $dp \sim \Delta p$ та $dn \sim \Delta n$. Виходячи з цього видно, що швидкість геострофічного вітру залежить тільки від відстані між ізобарами n і від широти місця φ . $\Delta p = 5$ гПа);

$c_p = 1006$ Дж/(кг·К) – питома теплоємність повітря при постійному тиску

$\Delta T = T_3 - T_b$ - максимальна різниця між приземною температурою (T_3) повітря і температурою поверхні води (T_b).

Також можна використовувати інший індекс $I2$, що має сенс зворотного числа Річардсона (Ri):

$$I2 = Re / Gr \cong (30 \cdot V_g^2) / (L \cdot \Delta T), \quad (7.2)$$

де Re – число Рейнольдса,

Gr - число Грасгофа, (критерій подібності, що визначає процес теплообміну під час вільногравітаційного руху і є мірою співвідношення архімедової (підіймальної) сили, спричиненої нерівномірним розподілом густини в неоднорідному полі температур і силами міжмолекулярного тертя).

L – масштаб довжини, для бризів приймається $L=1$ км.

По значеннях індексів $I1$ ($I2$) можна побудувати емпіричну діаграму для визначення ймовірності появи морського бризу наступного вигляду (рис. 7.4, 7.5).

Індекс чорноморського коливання (BSO) був застосований для виділення макроциркуляційних ситуацій, коли в північно-західному Причорномор'ї та в Приазов'ї формуються сприятливі умови для утворення бризів. Розрахунок щоденного індексу BSO виконувався за формулою (7.3).

$$BSOi = \left[\frac{P_{Si} - X_{Si}}{\delta_{Si}} \right] - \left[\frac{P_{Ki} - X_{Ki}}{\delta_{Ki}} \right] \quad (7.3)$$

де PKi і PSi – осереднений за добу тиск на станціях Київ (Ki) і Синоп (Si) відповідно;

X – середній щодобовий тиск за деякий період на відповідних станціях;

δ – стандартне відхилення тиску за деякий період на відповідних станціях.

Індекс ІІ (І2)	10 -	Бриз відсутній
	8 -	Слабкий бриз (вітер 2-4 м/с, на бризовому фронті купчасті хмари)
	6 - 4 -	Помірний бриз (вітер 5-7 м/с, на бризовому фронті потужні купчасті хмари, опади маловірогідні)
	2 -	Інтенсивний бриз (вітер 6-10 м/с, на бризовому фронті купчато-дощові хмари, можливі зливи і грози)

Рисунок. 74 – Приклад діаграми визначення імовірності появи бризу

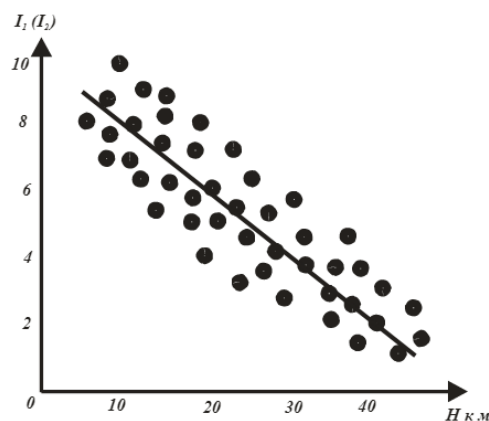


Рисунок 7.5 – Графік для визначення відстані проникнення морського бризу

Розрахований індекс BSO набуває додатних та від’ємних значень, при цьому позитивна фаза буде відповідати приземному перенесенню повітря вздовж північного узбережжя Чорного моря із західною складовою, негативна фаза – перенесенню зі східною складовою.

Для місяців травень, червень, липень та серпень, які характеризуються встановленням літнього типу циркуляції атмосфери і найбільш сприятливими умовами для формування бризів на узбережжі Чорного моря.

З використанням індексу, що характеризує синоптичну ситуацію, алгоритм прогнозу бризу на день складається з двох етапів. Першим фільтром, в якості якого береться циркуляційний індекс, відсіюються несприятливі для виникнення бризу синоптичні ситуації. Якщо циркуляційні умови сприятливі, використовується другий (додатковий) фільтр, який складається з даних про середні значення стану атмосфери та води в певний місяць: різниця температур суша-море, швидкість приземного вітру вранці, температура морської води тощо. Так, для прогнозу виникнення морського бризу з використанням індексу BSO можна використовувати таку схему (рис. 7.6). Вся вихідна інформація береться в ранкові години за місцевим часом.

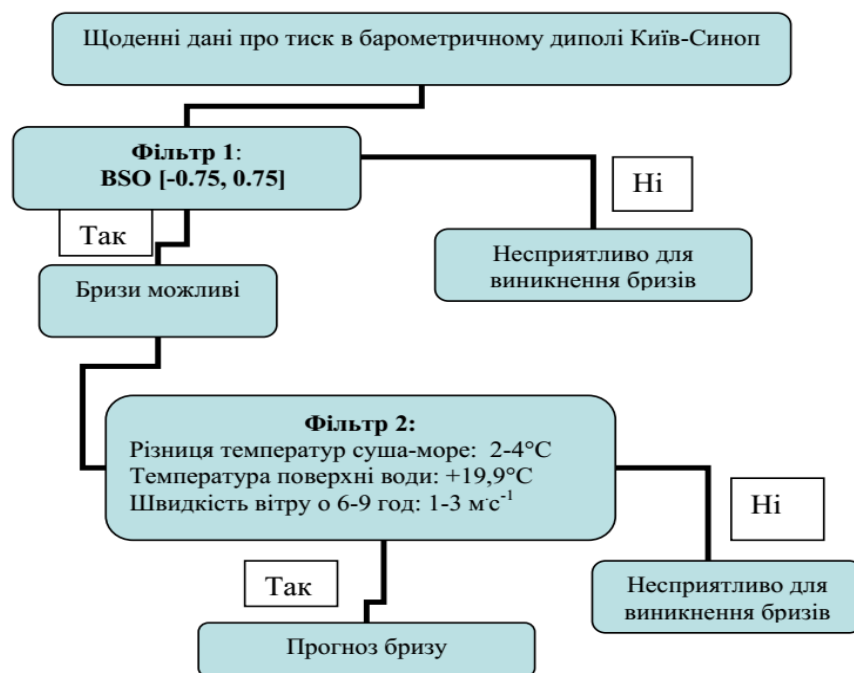


Рисунок 7.6 – Алгоритм прогнозу виникнення морського бризу [6]

Середні умови, які сприятливі для виникнення бризів, мають наступний вигляд (табл.7.1).

Таблиця 7.1 - Значення фільтрів при визначенні сприятливих умов для виникнення морських бризів [6].

Місяць	Фільтр 1	Фільтр 2
	інтервал індексу BSO	середні значення
Травень	[-1.0, 1.0]	Різниця температур суша-море: 4-6 °С Температура поверхні води: +15,2 °С Швидкість вітру о 6-9 год: 1-3 м.с-1
Червень	[-0.75, 0.75]	Різниця температур суша-море: 3-5 °С Температура поверхні води: +14,8 °С Швидкість вітру о 6-9 год: 0-2 м.с-1
Липень	[-0.75, 0.75]	Різниця температур суша-море: 2-4 °С Температура поверхні води: +19,9 °С Швидкість вітру о 6-9 год: 1-3 м.с-1
Серпень	[-1.5, 1.5]	Різниця температур суша-море: 3-5 °С Температура поверхні води: +22,7 °С Швидкість вітру о 6-9 год: 1-3 м.с-1

7.2 Практична частина

1. Вивчити дані щоденника погоди в населеному пункті згідно з варіантом за період травень – серпень 2021 року. Вибрати період стійкої малохмарної погоди тривалістю не менше 3-5 днів, в який спостерігалася поява денного (морського) бризу. Для виявлення бризу використовувати дані про напрям і швидкість вітру – вітер слабкий вночі (0-3 м/с), в першу половину дня (6-12 год) – вітер повертає на південно-східний (ПдСх) або південний (Пд) напрям і, звичайно, посилюється, при цьому о 9 годині часто спостерігається послаблення вітру до штилю. Швидкість ПдСх вітру посилюється до 15-18 годин, а потім починає слабшати. До 18-21 годин вітер слабшає і послідовно міняє напрям на західний (Зх) та північно-західний (ПнЗх).

2. По обраному періоду за кожен день побудувати графіки добового ходу температури, вологості, тиску. Позначити на графіках строк виникнення бризу, тобто, коли вітер набув вдень ПдСх напрямку. Проаналізувати, як змінювалися ці параметри при появі морського бризу.

3. Вивчити приземні карти погоди та висотні карти за період з бризами, дати характеристику синоптичної ситуації в районі (згідно варіанту).

4. Розрахувати ймовірність появи та інтенсивність бризової циркуляції за критеріями *I1* та *I2*.
5. Визначити глибину проникнення бризу на сушу.
6. За допомогою індексу чорноморського коливання (BSO) визначити макроциркуляційні ситуацій, коли в північно-західному Причорномор'ї та в Приазов'ї формуються сприятливі умови для утворення бризів.

Таблиця 7.2. - Значення середнього щодобового тиску та середньо квадратичного відхилення тиску за 1991-2020 рр.

Станція	Характеристика	Місяць				
		V	VI	VII	VIII	IX
Київ	Тиск на рівні станції: Середній	994,7	993,8	993,4	995,6	996,2
	Середнє квадратичне відхилення	2,1	1,8	2,2	2,1	2,0
Синоп	Тиск на рівні станції: Середній	1013,5	1012,2	1011,0	1011,9	1012,4
	Середнє квадратичне відхилення	2,2	2,5	2,1	1,0	1,3

Для виконання практичного завдання використовувати:

Архів метеоданих – регулярні спостереження

<https://meteopost.com/weather/archive/>

Архів синоптичних карт, наприклад DWD

https://www1.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html

Архів висотних полусферних карт погоди (АТ-500)

<http://old.aari.ru/odata/d0010.php>

Архів даних температури морської води: <https://seatemperature.ru/>

Температура води на пляжах мира

<https://www.ventusky.com/?p=45.89;32.55;6&l=temperature-2m&t=20210820/0900&w=off>

Приклад виконання роботи

Аналіз аеросиноптичних умов виникнення бризів в Одесі

На першому етапі відбиралися періоди стійкої малохмарної погоди тривалістю не менше 3-5 днів. Період який розглядався: червень – вересень 2020 року. Для виявлення бризу використовувалися дані про напрям і швидкість вітру – вітер слабкий вночі (0-3 м/с), в першу половину дня (6-12 год) – вітер повертає на південно-східний (ПдСх) або південний (Пд) напрям і, звичайно, посилюється, при цьому о 9 годині часто спостерігається послаблення вітру до штилю. Швидкість ПдСх вітру посилюється до 15-18 годин, а потім починає слабшати. До 18-21 годин вітер слабшає і послідовно міняє напрям на західний (Зх) та північно-західний (ПнЗх). В роботі наведено випадок бризової циркуляції в м. Одеса з 01.09.2020 по 03.09.2020 рр.(табл.1-2)

Таблиця 7.3 – Дані щоденника погоди в м. Одеса за період 01.09 - 03.09.20 р.

Час	T, °C	DD	ff, м/с
01.09.2020 05:00	19,2	ПнСх	1
01.09.2020 08:00	26,3	Пн	1
01.09.2020 11:00	28,8	ПнСх	2
01.09.2020 14:00	29,6	ПдСх	2
01.09.2020 17:00	25,7	Пд	2
01.09.2020 20:00	22,4	ПдЗх	2
02.09.2020 05:00	18,6	Зх	2
02.09.2020 08:00	25,5	Зх	1
02.09.2020 11:00	26,3	ПдСх	3
02.09.2020 14:00	28,1	Пд	4
02.09.2020 17:00	28,9	ПдЗх	3
02.09.2020 20:00	26,1	Зх	3
03.09.2020 05:00	21,2	ПдЗх	1
03.09.2020 08:00	25,1	ПнСх	1
03.09.2020 11:00	27,2	Сх	1
03.09.2020 14:00	29,0	Пд	1
03.09.2020 17:00	26,8	ПдЗх	2
03.09.2020 20:00	25,0	Зх	1

Таблиця 7.42 – Дані зі щоденника спостережень за морем в м. Одеса за період 01.09-03.09.20 р.

Час	$T_{в}, ^\circ C$
01.09.2020 15:00	25.1
02.09.2020 15:00	24.8
03.09.2020 15:00	24.4

За даними щоденника спостережень на строк 14:00 01.09.2020 р. спостерігалось імовірне виникнення бризової циркуляції – вітер набув вдень ПдСх напрямку. В цей час температура мала максимальне добове значення – $29,6^\circ C$ та зменшувалась поступово до кінця доби. Наступні 2 доби температура не досягала більших значень, а добова амплітуда змінювалась не так різко.

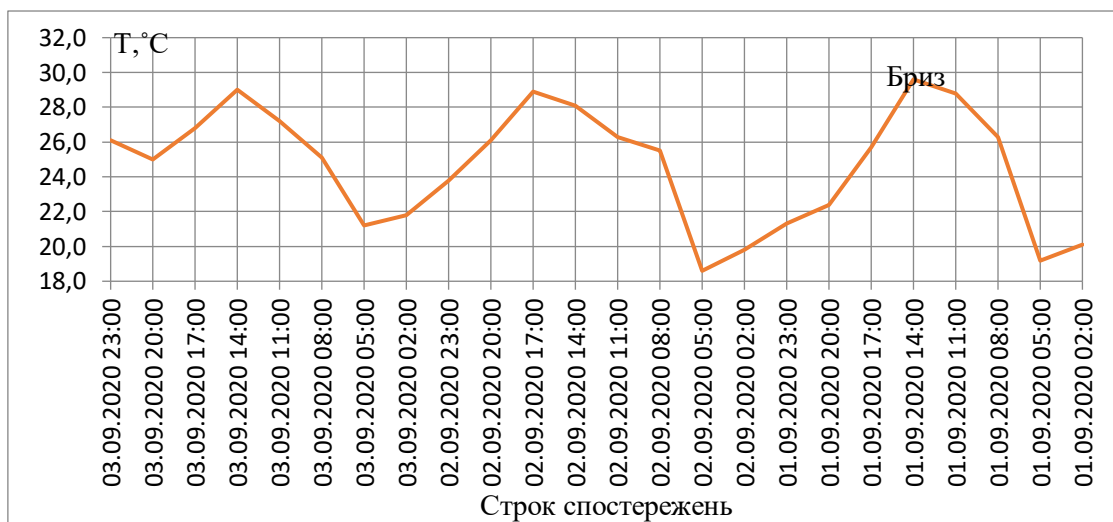


Рисунок 7.7 – Добовий хід температури 01.09 - 03.09.2020 р.

Атмосферний тиск на строк виникнення можливої бризової циркуляції був мінімальним – $752,4$ мм.рт.ст. за добу та в подальшому поступово збільшувався.

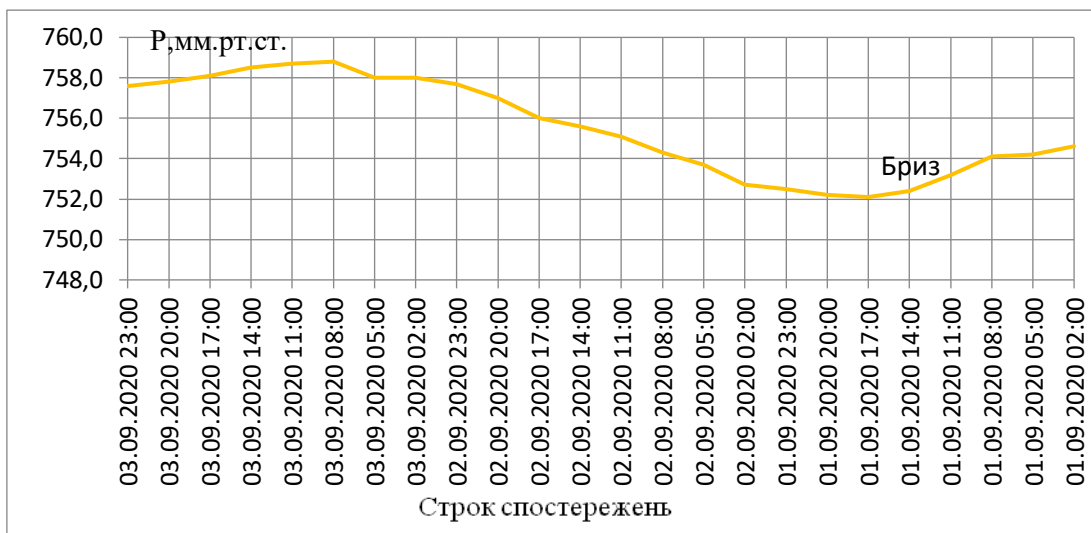


Рисунок 7.8 – Добовий хід атмосферного тиску 01.09 - 03.09.2020 р.

Вологість атмосферного повітря при можливій бризовій циркуляції була мінімальною – 36%. До кінця доби вона збільшилась, досягнувши максимуму – 92%, а поступово зменшувалась, маючи коливальний характер.

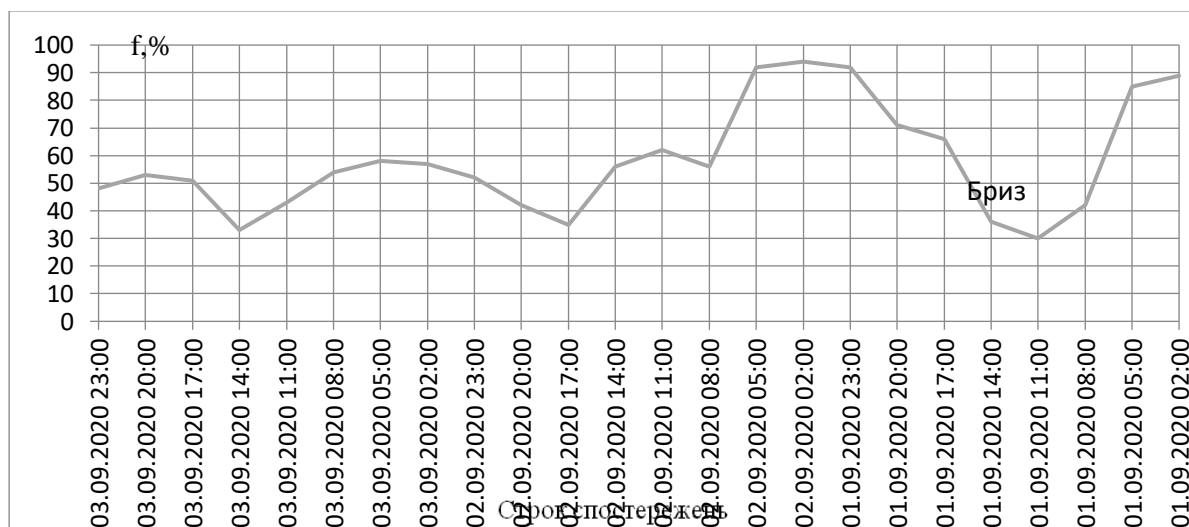


Рисунок 7.9 – Добовий хід вологості повітря 01.09 - 03.09.2020 р.

На приземних картах погоди (рис.7.10) за період 01.09.-03.09.2020 р. Одеса знаходилась в малоградієнтному полі зниженого тиску. Напрямок вітру змінювався з північно – східного на південно – західний.

Визначено індекси циркуляції, для появи та оцінки інтенсивності бризу, за формулами 1,2. В результаті розрахунків було виявлено появу

бризу 01.09.2020р. Приземний вітер в цей день становив в середньому 2 м/с, геострофічний вітер – 1 м/с. Спостерігався помірний бриз (вітер 5-7 м/с, на бризовому фронті потужні купчасті хмари, опади маловірогідні). На наступний день 02 вересня бриз був відсутній, а 03 вересня знову була велика ймовірність появи бризу. В цей день приземний вітер був приблизно 2 м/с, геострофічний вітер – 1 м/с, спостерігався також помірний бриз (вітер 5-7 м/с, на бризовому фронті потужні купчасті хмари, опади маловірогідні). В усіх випадках появи бризу глибина проникнення бризу на сушу становила 20 км.

На наступному етапі розрахований індекс чорноморського коливання (BSO) для періоду з 01 по 03 вересня 2020 року.

Дата	<i>PSi</i>	<i>PKi</i>	BSO	Фільтр 1	Фільтр 2	Прогноз
01 вересня	755,8	757,4	-10,4	Несприятливо для виникнення бризу		
02 вересня	758,4	758,9	-8,8			
03 вересня	761,6	763,1	-8,3			

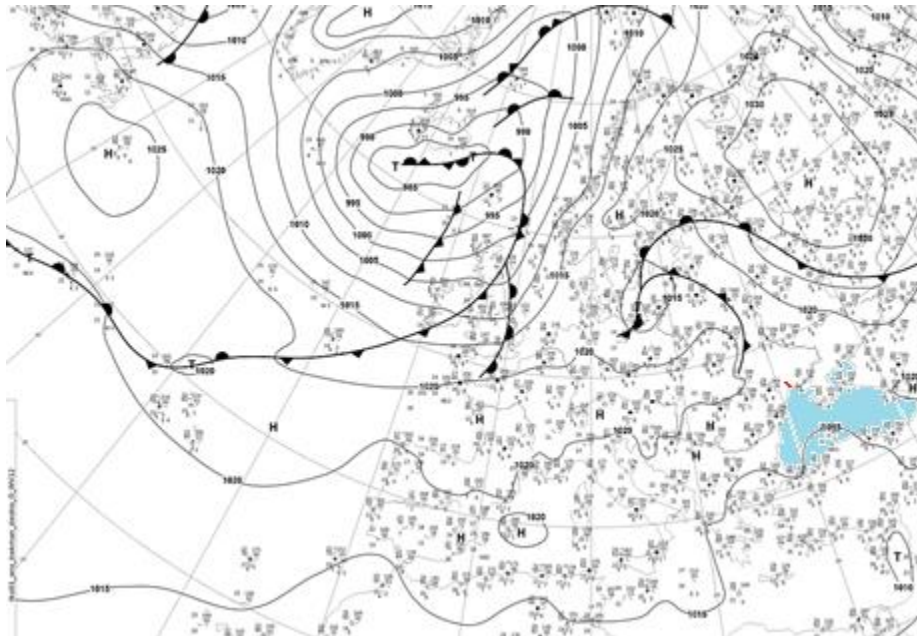


Рисунок 7.10 – Карта приземного аналізу за 01.09.2020 р.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бурман Э.Я. Местные ветры. Ленинград; Гидрометеиздат, 1969.
2. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование: сборник лекций. под ред. Н.Ф. Вельтищева. Женева, Швейцария, ВМО, 701, 1988. 173 с.
3. Степаненко С.Н. Лекции по мезометеорологии. Одесса: ОГЭКУ, ТЭС, 2002. 223 с.
4. Степаненко С.Н. Мезометеорология: конспект лекций. Одеса: ОГМИ, 2000. 92 с.
5. Ефимов В.В.. Барабанов В.С. Бризовая циркуляция в Черноморском регионе Морской гидрофизический журнал, 2009, № 5 С. 23-36.
6. Семенова І.Г. Регіональна циркуляція атмосфери та умови виникнення морських бризів на північному узбережжі чорного моря. *Вісник Одеського державного екологічного університету*, 2011, вип.12, С. 113-119.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни
«Регіональна синоптика»

для здобувачів вищої освіти рівня магістр
спеціальності «103 - Науки про Землю»
освітньо-професійна програма “Метеорологія і кліматологія”

Укладач: канд.геогр.н., доц. Боровська Г.О.

Електронна версія © Боровська Г.О.