

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Блокуючі процеси над територією України
за останнє десятиріччя

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

Ланова Юлія Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник канд. геогр. наук.

Міщенко Наталя Михайлівна

Консультант _____ - _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент

Вольвач Оксана Василівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Гідрометеорологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

«02» березня 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студентці Лановій Юлії Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блокуючі процеси над територією України за останнє десятиріччя

керівник роботи Міщенко Наталя Михайлівна, канд. геогр. наук,

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

затверджені наказом ОДЕКУ від «15» квітня 2022 року № 45 - С

2. Строк подання студентом роботи 02 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи В якості вихідних використовувалися дані аеросиноптичного матеріалу АРМСин за 10 останніх років (карти приземного аналізу, АТ-500 та ВТ⁵⁰⁰₁₀₀₀), дані об'єктивного аналізу NCEP геопотенціалу на рівні 500 гПа

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Складання вибірки з датами блокуючих антициклонів за останні десять років; 2. Аналіз кліматології блокування за останнє десятиріччя; 3. Розрахунок індексів блокування за обрані періоди; 4. Дослідження погодних умов над територією України в період блокування зонального переносу.

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

Рис.2.1 – траєкторії баричних утворень над територією Європи; Рис. 2.2 – розподіл потенційної температури на деякій поверхні; 2.3 – повторюваність блокування над Європою; 2.4 – форми блокуючих процесів; 3.1 – повторюваність блокуючих антициклонів за останнє десятиріччя, 3.2 – повторюваність блокуючих процесів по сезонам року; 3.3-3.7 – синоптичні карти та поля індексу блокування.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

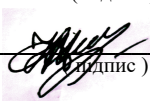
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання. Постановка задачі, план виконання. Складання списку літературних джерел	02.03.2022 р. – 07.03.2022 р.	90	відмінно
2.	Складання банку даних блокуючих процесів за останнє десятиріччя	08.03.2022 р. – 20.03.2022 р.	90	відмінно
	Рубіжна атестація	16.05.2022 р.- 20.05.2022 р.	90	відмінно
3.	Кліматологічна обробка отриманих даних. Побудова гісторгам повторюваностей блокуючих процесів	24.05.2022 р. – 25.05.2022 р....	92	відмінно
4.	Розрахунок індексів блокування Леєнаса та Окланда. Побудова полів індексів блокування	26.05.2022 р. – 28.05.2022 р.	95	відмінно
5.	Написання аналізу отриманих гістограм та полів. Співставлення полів індексу блокування з синоптичними ситуаціями та погодними умовами над територією України	29.05.2022 р – 01.06.2022 р	90	відмінно
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	02.06.2022 р.	95	відмінно
7.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	02.06.2022 р.- 04.06.2022 р.	-	-
	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	92,0	-

Студентка


(підпис)

Ланова Ю.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Мищенко Н.М.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АНТИЦИКЛОНИ.....	6
1.1 Енергетика антициклонів.....	8
1.2 Повторюваність різних типів баричних утворень над територією східної Європи в різні періоди.....	12
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЛОКУЮЧІ СИСТЕМИ.....	16
2.1 Типи блокуючих систем та процеси їх утворення.....	16
2.2 Траєкторії руху антициклонів.....	19
2.3 Критерії блокування.....	23
2.4 Типи блокування.....	27
2.5 Механізми виникнення і підтримання блокування.....	30
2.6 Існуючі методи виявлення блокування.....	31
2.7 Прогнозування блокуючих антициклонів.....	37
3 БЛОКУЮЧІ ПРОЦЕСИ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ ЗА ОСТАННЄ ДЕСЯТИРІЧЧЯ.....	41
3.1 Повторюваність процесів блокування за останні десять років.....	41
3.2 Визначення процесів блокування та їх вплив на територію України.....	43
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49
ДОДАТОК.....	51

ВСТУП

Блокування зонального переносу являє собою стійкий процес в атмосфері, який виступає однією з причин аномалій погодних умов. Залежно від розташування регіону по відношенню до впливаючого на нього блокуючого антициклону, з процесом блокування пов'язують розвиток засух та суховіїв, весняні повернення холодів, прихід холодів та малосніжних зим.

Відомо, що в роботі світових прогностичних центрів проблема прогнозу процесів блокування є однією з найважчих. Більше того, саме процеси блокування роблять найбільший внесок у великомасштабні помилки прогностичних карт. Процеси блокування обумовлюють таку динамічну структуру початкових полів метеовеличин, яка має низьку передбачуваність. Саме тому у цій області метеорології виглядає доречним розширення підґрунтя для статистичних методів прогнозу, які хоча і не надто «популярні» у прогностичних центрах, оскільки не можуть ідентифікувати детерміністичності зв'язків, все ж таки мають застосування у вирішенні окремих проблем.

Актуальність даної роботи визначається необхідністю поліпшення коротко- і середньострокових прогнозів погодних явищ з урахуванням кліматологічних характеристик антициклонічної діяльності.

Метою роботи є визначення кліматології блокуючих процесів, виділення тих із них, що найбільш впливають на формування погодних явищ над територією України.

В якості *вихідних* використовувалися дані Для вирішення поставленої мети використовувалися дані аеросиноптичного матеріалу АРМСин за 10 останніх років (карти приземного аналізу, АТ-500 та ВТ $_{1000}^{500}$), дані об'єктивного аналізу NCEP геопотенціалу на рівні 500 гПа.

Робота викладена на 54 сторінках, складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (18 найменувань) та додатку.

Перший розділ присвячений загальним поняттям про антициклони, їх види та повторюваність над територією Європи в різні періоди.

Другий розділ присвячений блокуючим антициклонам, їх видам, повторюваності та методам визначення.

Третій розділ є практичним. В ньому аналізується повторюваність блокуючих антициклонів за останнє десятиріччя, розрахований індекс блокування Леснаса та Окланда, та проведений детальний аналіз погодних явищ, які супроводжувалися даними процесами.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АНТИЦИКЛОНИ

Антициклонами називають області підвищеного тиску в атмосфері, діаметром від кількох сотень до кількох тисяч км, що характеризуються своєрідними умовами погоди і системою течій повітря. Антициклони разом з якісно протилежними їм циклонами (областями зниженого тиску) є найважливішими вихровими формами загальної циркуляції атмосфери.

Тиск у центрі антициклону на рівні моря підвищується до 1025—1040 гПа, а іноді (наприклад, узимку в Азії) — до 1070 гПа (при середньому тиску на рівні моря 1010—1015 гПа).

Антициклони повсякденно розвиваються в тропосфері поряд із циклонами. І ті й інші є частинами загальної циркуляції атмосфери, що створюють міжширотний обмін повітря. Протягом року над кожною півкулею їх виникає багато сотень. Тривалість існування окремого антициклону — кілька діб, а іноді й тижнів. Як і циклон, антициклон переміщаються в напрямку загального переносу повітря в тропосфері, тобто із заходу на схід, відхиляючись при цьому до низьких широт. Середня швидкість переміщення антициклону — близько 30 км/год у північній півкулі й близько 40 км/год у південній, але нерідко антициклон надовго приймає малорухомий стан. Розмір антициклону в поперечнику сягає кількох тисяч км.

Вище так названого шару тертя, тобто в середньому вище 1000 м, вітер в антициклоні дує майже по ізобарам, але в шарі тертя він значно відхиляється від ізобар назовні, біля земної поверхні — на кут, близький до 30°. Це розтікання повітря з області антициклону в нижньому шарі супроводжується втіканням його в антициклон у вищих шарах атмосфери й повільним опусканням — осіданням. При осіданні, повітря адіабатично нагрівається й віддаляється від стану насичення. Тому температура тропосфери в антициклоні підвищена (тільки над самою поверхнею суходолу

взимку вона може бути дуже низькою), хмарність мала, опади, як правило, відсутні. Вітри у внутрішній частині антициклону слабкі, але підсилюються до периферії.

З розвитком антициклону і підвищенням в ньому температури зростає й висота антициклону: замкнені ізобари виявляються на все вищих рівнях у тропосфері й навіть у нижній стратосфері. Стратосфера в антициклоні починається на більшій висоті, ніж у циклоні, і температура її знижена.

На картах погоди антициклони. позначають системою замкнених ізобар з максимальними величинами тиску в центрі. Атмосферний тиск в антициклонах. може досягати 1080 мб. Завдяки високому атмосферному тиску в антициклонах. їх також називають баричними максимумами. Підвищений тиск в антициклонах. здебільшого зберігається до висота 3 - 4 км, рідше до 5 і більше км, залежно від чого розрізняють низькі і високі антициклонах. Вплив баричного градієнта (спрямованого від центра до периферії), відхиляючої сили обертання Землі (Коріоліса закон) і тертя зумовлюють переміщення повітря в антициклонах. спіралями, які розходяться від центра в напрямі руху стрілки годинника. Цей процес супроводиться компенсуючими низхідними течіями повітря в серед, частині антициклони, які спричинюють його динамічне нагрівання і віддалення від стану насичення. Через це в антициклонах спостерігається загальне переважання малохмарної, слабо вітряної або тихої погоди. На утворення і розвиток антициклонів впливають географічні і сезонні умови, в зв'язку з чим інтенсивність, розміри і тривалість існування їх неоднакові. Найбільш потужні і стійкі антициклони. спостерігаються над охолодженими районами: взимку — в центральній частині материків, влітку — над океанами.

В Україні за рік спостерігається близько 40 антициклонів, з них 30 % виникає на місці і 70 % надходить з інших районів: взимку переважно з пн. з., навесні і восени — з пн. з. і з., влітку — з пд. з.

Переміщення антициклонів здебільшого відбувається через пд. і сх. райони України, де з ними пов'язані бездощові періоди, особливо восени і на початку літа, коли антициклони бувають найчастіше стаціонарними).

1.1 Енергетика антициклонів

Є загальноприйнятим, що першоджерелом атмосферної енергії є приплив тепла за рахунок сонячної радіації [10]. Прямим результатом цього є нагрівання атмосфери і підстильної поверхні океану та суші, тобто генерування внутрішньої енергії. При цьому головна частина потоку тепла від Сонця нагріває не атмосферу, а поверхні океанів та материків, які, у свою чергу, їй віддають тепло до атмосфери. За рахунок того, що зазначений приплив тепла від Сонця надходить на поверхню Землі нерівномірно, в атмосфері спостерігаються великі меридіональні температурні контрасти, які й обумовлюють переважно зональну циркуляцію, що має великі запаси кінетичної енергії, частина якої постійно дисипує за рахунок процесів тертя. Одна з головних проблем теорії загальної циркуляції – відповісти на запитання, яким чином деяка частина внутрішньої енергії, що створюється за рахунок припливу тепла від Сонця, у підсумку перетворюється у кінетичну енергію. Енергетика глобальної атмосфери досліджується вже протягом 50 років. Взявши за основу зонально симетричну структуру глобальної атмосфери, Лоренц у 1955 р. розділив кінетичну (К) та доступну потенціальну (Р) енергії на середньозональні (підрядковий індекс Z) та вихрові (підрядковий індекс E) компоненти, а також сформулював перетворення одного виду енергії в інший, ґрунтуючись на ейлеровій середній меридіональній циркуляції. Поняття ейлерової середньої (ЕС) припускає визначення середньозональних величин на ізобаричних поверхнях та відхилень від них, що мають назву "вихрових" [10]. Як впливає з назв, запаси одних видів енергії в атмосфері визначаються зональними (середніми

по широтному колу) величинами, а інші – відхиленнями від них. Надалі було визнано, що використання ЕС призводить до певних труднощів. Одна з них полягає у тому, що за допомогою ейлерової середньої меридіональної циркуляції важко однозначно описати меридіональні переноси тепла, вологи та кутового моменту. Щоб справитися з цими труднощами, було запропоновано метод трансформованої ейлерової середньої (ТЕС), в якому до традиційної середньої циркуляції додається корекція Стокса.

У наукових працях, присвячених енергетиці атмосфери [10], повна потенціальна енергія розділяється на доступну та недоступну частини. В оборотних адіабатичних процесах, що спричиняють перетворення повної потенціальної енергії (ППЕ) у кінетичну (КЕ), потенціальна температура (q) кожної частки повітря зберігається і, відповідно, зберігається статистичний розподіл потенціальної температури. Серед гіпотетичних станів атмосфери, що мають такий же статистичний розподіл q , як й реальний стан, є один, який має найменшу ППЕ і береться як еталонний. У цьому стані ізобаричні та ізентропічні поверхні є горизонтальними і q ніде не зменшується з висотою. Згідно з Лоренцем, недоступною енергією (НПЕ) вважається ППЕ відповідного еталонного стану, а доступна енергія (ДПЕ) визначається як перевищення повної потенціальної енергії над недоступною. Оскільки оборотні адіабатичні процеси не змінюють еталонного стану, то вони, відповідно, не впливають на величину НПЕ. Тому перетворення повної потенціальної енергії у КЕ є еквівалентом перетворення доступної потенціальної енергії у КЕ. По суті, доступна потенціальна енергія є мірою частини повної потенціальної енергії, здатної перетворитися у кінетичну енергію. Звідси й виник термін "доступна потенціальна енергія". Точно кажучи, атмосфера не може набути еталонного стану і ДПЕ є вірніше верхньою межею кількості енергії, що є доступною для перетворення у КЕ. Генерація ДПЕ за рахунок припливу тепла, перетворення ДПЕ у КЕ у випадку оборотних адіабатичних процесів і дисипація КЕ за рахунок тертя

можуть розглядатися як три складові основного енергетичного циклу загальної циркуляції атмосфери [10].

Використовуючи енергетичні характеристики для аналізу еволюції вихорів синоптичного масштабу, можна отримати результати, які дозволять суттєво розширити уявлення про динаміку вихорів. Розрахунок та аналіз характеристик енергетики окремих синоптичних утворень є показовим засобом комплексного дослідження їх еволюції. В даній статті енергетичний підхід використовується для дослідження еволюції антициклону. Треба зауважити, що енергетика антициклонів, на відміну від циклонів, раніше практично не досліджувалася [10].

В роботі Хохлова В.М. [10] проводиться дослідження енергетичних характеристик атмосфери у випадку такого синоптичного утворення як антициклон, проведення аналізу еволюції антициклону в рамках енергетичного підходу. Розглянемо це дослідження більш детально.

В якості вихідних даних у даному дослідженні [10] використовувалися дані в вузлах регулярної широтно-довготної сітки про метеорологічні величини на ізобаричних поверхнях від АТ1000 до АТ100 для області, яка в горизонтальній площині обмежена деякими координатами. Метеорологічні величини, які використовуються у дослідженнях: горизонтальні складові зональної та меридіональної складових вектора швидкості вітру u і v , аналога вертикальної швидкості в ізобаричній системі координат t та температури повітря T . Область дослідження обмежується 50-800 пн.ш. і 20-650 с.д., період дослідження 20-24 липня 2003 року.

Для опису синоптичного процесу використовувалися карти абсолютної і відносної топографії Російського Гідрометцентру за вказаний період. Розглянемо стисло синоптичну ситуацію. На приземній карті за 00 СГЧ 20 липня 2003 р. спостерігається антициклон із центром над Архангельськом. Це баричне утворення має дві замкнуті ізобари 1020 і 1025 гПа, максимальний тиск у його центрі становить 1025,2 гПа. По південній, західній і північно-західній периферії антициклону проходить атмосферний

фронт. На висотних картах абсолютної топографії антициклону відповідає гребінь, який розповсюджується з Атлантики. 21 та 22 липня 2003 р. антициклон змістився на південь і його центр розташовувався поблизу Москви. Антициклон має одну замкнуту ізобару 1020 гПа і максимальний тиск у центрі 1023,0 гПа. Південно-західна периферія антициклону знаходиться над територією північної та північно-східної України.

На сході України в Донецькій області на ст. Дебальцеве 22 липня зафіксовано СГЯ – сильний дощ. 23 та 24 липня 2003 р. синоптична ситуація майже не змінювалася, а антициклон поступово руйнувався, внаслідок чого на кінець розглянутого періоду над Україною спостерігалось малоградієнтне баричне поле.

В результаті проведеного в [10] дослідження, були зроблені наступні висновки. Запаси зональної ДПЕ (PZ) і КЕ (KZ) збільшуються з початку виникнення синоптичного утворення і досягають максимальних значень в період максимального розвитку антициклону. По мірі руйнування баричного утворення запаси зональної ДПЕ (PZ) і КЕ (KZ) зменшуються.

Запаси вихрової ДПЕ (PE) і КЕ (KE) максимальні значення мають в період стадії максимального розвитку баричного утворення. Збільшення вихрової енергії PE і KE свідчить про перебудову термічного поля над районом дослідження. Зональна орієнтація поля температури змінюється на меридіональну, що збільшує меридіональний контраст температури. А це, в свою чергу, приводить до посилення атмосферного фронту, який є причиною стихійного гідрометеорологічного явища – сильний дощ, яке спостерігалось 22 липня 2003 року на сході України, який знаходився під впливом південної периферії антициклону. Максимальні перетворення зональних потоків у вихрові відбувається на стадії максимального розвитку антициклону. Виявлено збільшення інтегральних переносів енергії BPZ, BPE, BKZ, BKE в період максимального розвитку синоптичного утворення [11].

1.2 Повторюваність різних типів баричних утворень над територією східної Європи в різні періоди

Зміна великомасштабної атмосферної циркуляції в роботі [11] розглядається в якості однієї з причин процесу потепління, що відбувається в останні десятиліття в Північній півкулі. Однак, як показують останні дослідження [11], темпи потепління в різних географічних регіонах неоднакові, тому зміна регіональної циркуляції має істотне значення.

У результаті особливостей географічного положення погода над західним Сибіром характеризується великою мінливістю, яка пов'язана з переміщенням циклонів, що розвиваються влітку на полярному фронті. Особливості траєкторій циклонів, їх повторюваність роблять визначальний вплив на поля всіх метеорологічних величин над цією територією та територією Європи взагалі, отже, при вивченні причин зміни клімату аналіз їх багаторічної мінливості особливо актуальне.

В роботах [1-3] проаналізована повторюваність циклонів і антициклонів, а також географічна локалізація шляхів їх переміщення в літні місяці в 1942-1961 рр. Виділено три циркуляційні зони: з найбільшою повторюваністю північно-західних і західних циклонів, з переважанням західних циклонів і з переважанням південно-західних циклонів. Найбільш інтенсивна циклонічна діяльність у той період спостерігалася в центральній зоні ($52-64^{\circ}$ пн. ш.), Проте в 1963-1967 рр. область найбільшої повторюваності циклонів змістилася в більш високі широти ($55-65^{\circ}$ пн. ш.). Область найбільшою повторюваністю антициклонів у 1942-1961 рр. [8] розташовувалася між 48 і 56° пн. ш., в 1963-1967 рр. вона кілька змістилася в більш низькі широти. У даній роботі для отримання кліматичних і динамічних характеристик циклонічною і антициклонічною діяльності над Західною Сибіру в 1976-2004 рр.

Для ідентифікації баричних утворень різного генезису в роботі [8] використовувалася наступна класифікація:

1. Циклони, що зміщуються з західної складової вздовж 60-65 ° пн. ш. Циклони зміщуються з центральних районів Європейської Росії до Східно-Сибірського плоскогір'я;

II. Західні циклони, що утворюються на хвилі полярного фронту в районі Свердловська, Омська, Самари. Фронтальні розділи, розташовані в улоговині в широтному або південно-західному напрямку, майже завжди мають хвилі;

III. Південно-західні циклони, просуваються з районів Каспійського і Аральського морів. З виходом цих циклонів пов'язані різкі зміни погоди, а термобаричне поле характеризується розвиненою меридіональністю напрямків;

IV. Північні циклони, що зміщуються з північних районів Західного Сибіру на південь або із заходу на схід уздовж узбережжя Північного Льодовитого океану. Характерно швидке зміщення фронтів з досліджуваної території деякою затримкою в її західній частині;

V. Південні циклони, що утворюються в районі оз. Балхаш і в районах Ашхабада, Ташкента або в межиріччі Аму-Дар'ї та Сир-Дар'ї, зміщуючись на північний схід;

VI. Місцеві циклони, що утворюються в районі межиріччя Об - Іртиш або на півдні Західного Сибіру;

VII. Північні циклони, що зміщуються з районів Кольського півострова, північно-європейської території Росії і Північного Уралу в напрямку Омська;

VIII. Антициклони з центром над Тувой, Алтаєм, Монголією, зміщуючись з південно-сходу на північний захід Росії;

IX. Антициклони з центром над Арктикою (Новосибірські острова). Ці антициклони переміщуються строго з півночі від Арктики чи з північно-східного від Новосибірських островів на південь;

X. Антициклони (або блокуючий гребінь) з центром над Уралом. Рухаються з північного заходу на південний схід;

XI. Антициклони, що виходять з європейської території Росії. Зміщуючись строго з заходу на схід;

XII. Причорноморські антициклони, які утворюються в районі Чорного і Каспійського морів і переміщуються з південного заходу на північний схід.

Прийнята класифікація в цілому не суперечить класифікації в інших відомих роботах, проте в [3] визнали за необхідне розділити деякі з типів, спираючись на інформацію про місце зародження і траєкторії переміщення баричних утворень.

Особливої уваги заслуговують циклони, що утворюються над Західним Сибіром (тип VI). Проведені дослідження дали змогу переконатися, що на фоні загального зменшення або збільшення числа баричних утворень, що переміщалися над територією Західного Сибіру, число місцевих циклонів так само синхронно зменшувалася і збільшувалася. Наприклад, в 1976-1980 рр. середнє число утворилися за рік циклонів такого типу становило 37 ($a = 8$), в 1981-1990 рр. - 4 ($a = 2$), в 1991-2004 рр. - 14 ($a = 9$). За весь досліджуваний період найбільше число місцевих циклонів спостерігалось влітку. Кількісно змінювалася і середня глибина циклонів: наприклад, в 1981 -1990 рр. вона становила в середньому 1011 гПа, а в 1991-2004 рр. циклони стали більш глибокими (1008 гПа). Проте ці ознаки є свідченням того, що процеси циклогенез над Західним Сибіром зазнають довготривалі періоди ослаблення та загострення.

За весь досліджуваний період у інших типах циклонів тиск коливався від 975 до 1020 гПа, найбільш глибокими були циклони типу I, найменш глибокими - типу VI. Тиск у центрах антициклонів змінювалося не настільки значно: максимальні значення відзначалися в типі VIII, тиск змінювалося від 1027 до 1045 гПа, а мінімальний тиск в типі X коливалось в межах 1015-1032 гПа.

У міжрічній мінливості повторюваності антициклонів різного генезису можна зазначити наступне: починаючи з 1991 р. спостерігалась значна повторюваність антициклонів типу VIII. Вона обумовлена, в першу чергу,

значним збільшенням числа антициклонів, що утворилися над півднем Західного Сибіру і Алтаєм, що свідчить про активізацію процесів антициклогенезу в цей період. Повторюваність арктичних (IX тип), причорноморських (тип XII) і антициклонів, що виходять з європейської території Росії (тип XI), має два максимуми і один мінімум, для вказаних типів вони практично збігаються за часом. Число антициклонів над Уралом (тип X) виражених відмінностей в повторюваності в окремих роки не мають, але найбільш часто цей тип спостерігався у весняно-літній період.

Як і очікувалося, яскраво виражений, але протилежний сезонний хід мають антициклони типів VIII і IX, з першим із них пов'язані морозні періоди зими, другий робить істотний вплив на погоду літнього періоду. За два максимуми, що припадають на різні місяці року, має повторюваність антициклонів типів X, XI і XII.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЛОКУЮЧІ СИСТЕМИ

2.1 Типи блокуючих систем та процеси їх утворення

Блокуючі процеси, або як їх ще називають, квазістаціонарні режими, представляють собою тривалі структури атмосферної циркуляції і досить давно привертають до себе увагу дослідників [4-7] завдяки формуванню кліматичних та метеорологічних аномалій, які вони зумовлюють внаслідок перебудови зонального перенесення в атмосфері.

Блокування зональних течій є великомасштабним процесом, що охоплює кілька синоптичних систем. Найрізкіше це явище виражене у випадках розвитку потужного і малорухомого антициклону в середніх або низьких широтах, що перешкоджає західному перенесенню повітряних мас і відхиляє зональні траєкторії баричних утворень. Досить часто блокування спричиняється високими квазістаціонарними гребенями, в області яких не спостерігається формування центрів високого тиску навіть на нижніх рівнях тропосфери. Зазвичай блокування супроводжується глибоким меридіональним перетворенням термобаричного поля, що призводить до міжширотного перерозподілу повітряних мас і тепла в тропосфері [4]. Слід зазначити, що характерною особливістю блокуючих антициклонів всіх типів являється безперервна їх регенерація. Оскільки процеси блокування стійкі за часом і мають визначену географічну локалізацію, вони значно впливають на формування середнього режиму атмосферної циркуляції. Це проявляється в розподілі повторюваності меридіональних процесів і в баричному полі на всіх рівнях тропосфери. Порушуючи західний перенос та перешкоджаючи зональному переміщенню циклонів, блокуючі системи визивають різкі аномалії метеорологічних величин на великих територіях. В Східній Європі з ними пов'язані такі явища, як холодні і малосніжні зими, весняні повернення холоду та засухи і суховії влітку.

В роботі Голощак О.П. [1] проаналізована типізація Аристова М. А., згідно з якою квазістаціонарні антициклони поділені на три типи: ультраполярні, полярні та західні. Антициклони першого типу являються високими та формуються холодними масами повітря. Квазістаціонарні антициклони другого типу відрізняються напрямком їх траєкторій в основному з північного-заходу на південний-схід. До третього типу відносяться квазістаціонарні антициклони, що переважно мали зміщення з заходу на схід. Крім типізації за траєкторіями розглянуті випадки розділені на квазістаціонарні антициклони та квазістаціонарні антициклональні області. Під першими розуміється високий антициклон з квазівертикальною віссю нахилу, що виражений в термобаричному полі нижньої половини тропосфери до висоти 500 гПа, замкненою циркуляцією та осередком тепла. В той же час квазістаціонарна антициклонічна область в певному географічному районі характеризується на протязі більшої частини природного синоптичного періоду перевагою в приземному баричному полі. Це результат неперервного антициклогенезу, тобто, антициклон чи ядро, дещо переміщуючись, послаблюється, але одночасно в близькому до нього районі формується новий антициклон чи ядро.

Типізація квазістаціонарних антициклонів, яка запропонована Борисовою О. М., Хазовою О. М. у 1957 р. проводилася за ознаками географічного розташування антициклонів, згідно з якою було виявлено 10 типів процесів, що характеризуються наявністю високих та малорухомих антициклонів. Приведемо їх короткий опис:

- 1 тип – стаціонарний антициклон над районом Британських островів.
- 2 тип – наявність стаціонарних антициклонів над північно-західними районами Європейської частини Росії (ЄЧР).
- 3 тип – стаціонарні антициклони на південному сході ЄЧР.

- 4 тип – стаціонарні антициклони над центральними областями Західного Сибіру.
- 5 тип – стаціонарні антициклони над Скандинавією.
- 6 тип – стаціонарні антициклони над центральними областями Північної Атлантики.
- 7 тип – стаціонарні антициклони над районом Норвезького моря.
- 9 тип – стаціонарні антициклони над півостровом Таймир.
- 10 тип - стаціонарні антициклони над районом Баренцева моря.

Процеси з наявністю високих стаціонарних та не послаблюючихся на протязі декілька днів антициклонів спостерігаються порівняно рідко; частіше вони відмічаються в районі Британських островів та на європейській території Росії, та порівняно рідко – в районах північних морів; синоптичні процеси, що характеризуються стаціонуванням антициклонів в визначених районах, мають велику повторюваність через 120 днів при зсуві за часом до 3 - х днів.

У результаті того, що багато важливих положень самого явища блокування ще не з'ясовані, немає відповідно й формулювання необхідних і достатніх умов його існування, а отже, і адекватних методів виявлення по вихідним метеорологічних і модельних даних. Тому, незважаючи на досить велику кількість робіт, присвячених експериментальному дослідженню блокування загальної циркуляції атмосфери (ЗЦА), кінцеві результати в оцінці таких характеристик баричних утворень (БУ), як місце розташування, частота, тривалість, просторові розміри та ін.. У різних авторів виходять з великим розкидом і важко порівняти або через недовизначеність, або, навпаки, через звуження (внаслідок застосування жорстких критеріїв) класу цих явищ. З цієї ж причини, виявилось, важко порівнювати і зіставляти різні індекси, що характеризують блокуючу активність ЗЦА.

Саме широко використовується в синоптичній практиці визначення блокування ЗЦА, дане майже 40 років тому Рексом [13-16]:

а) основний зональний потік розщеплюється на дві, приблизно однакової інтенсивності гілки;

б) система з двома струминними течіями повинна сягати щонайменше 45° по довготі;

в) у галузі розщеплення, вище по потоку, зональне протягом має різко переходити в меридіональне;

г) така структура потоку повинна зберігатися не менше 10 днів - піддається модифікації майже в кожному дослідженні.

Так, в нашій роботі до структури блокування ЗЦА Рекса, з обов'язковим розщепленням потоку, пропонується додати структури блокування меридіонального типу і омега -блокування. Критерій тривалості явища використовується в різних роботах довільно в інтервалі значень від 1 до 10 діб. Але найбільший недолік цих якісних визначень полягає в тому, що вони не можуть бути використані при аналізі великих інформаційних масивів із застосуванням ЕОМ.

2.2 Траєкторії руху антициклонів

Траєкторії руху антициклонів над Європою вперше були детально вивчені засновником методів довгострокових прогнозів погоди Б. П. Мультановський. На матеріалі 42 років він встановив найбільш типові траєкторії антициклонів, що вторгаються в Європу з різних районів. Ці типові траєкторії, як середні положення виділяються пучками конкретних траєкторій окремих антициклонів, Мультановський назвав їх осями [4]. Розрізняють осі: азорські (спрямовані з Атлантики), нормальні полярні (спрямовані з північного заходу) і ультраполярні (спрямовані з півночі і північного сходу).

Узагальнення всіх типових антициклонів над Європою з урахуванням результатів, отриманих на більш пізньому матеріалі, призводить до спрощеної схеми шляхів антициклонів над Європою, представленої на рис

2.1 де траєкторії 1 і 2 відповідають Азорським осям Мультановського, 3 і 4 - нормальним полярним, 5 - може ставитися як до нормальних, так і до ультра полярних, 6 і 7 - ультраполярні. Ось 7 відноситься, крім того, до тих випадків, коли антициклон зміщується на захід після тривалого перебування його в Західному Сибіру або над Казахстаном. Положення цих осей вказує лише на орієнтування досить широкої смуги (до 1000 км), по якій можуть проходити реальні траєкторії. Рух антициклонів по осях 6 і 7 відбувається переважно взимку, при чому по осі 6 не надто часто. Вхідження ж на північ Європейської території Росії антициклонів з півночі (осі 4 і 5) може відбуватися цілий рік, але переважно це має місце в тепле півріччя. Вхідження антициклонів по осі 3, тобто на Скандинавію, типово для холодного півріччя. Рухи по осях 1 і 2 пов'язано з розвитком Азорського максимуму і тому найбільш ймовірно в тепле півріччя. Це більшою мірою відноситься до руху антициклонів із заходу через Скандинавію (траєкторія 3), так як в цьому випадку над Північною Атлантикою повинен створюватися високий фон тиску.

На континент Європи антициклони з заходу нерідко входять і взимку, коли сильно розвинений зональний процес, тобто західно-східне переміщення баричних утворень [6-7]. За напрямками траєкторій блокуючи антициклони розділені на три типи: східні, північно-західні і західні. Західні блокуючі антициклони (32% від загальної кількості) в свою чергу ранжируються на два підтипи. Одні з них переміщуються з заходу до півдня Уралу, де вони значно уповільнюють свій рух і стаціонують до чотирьох діб, досягаючи по вертикалі поверхні 300 гПа. Інші, перемістившись з Атлантики на територію Східної Європи, стаціонують в районі Карпат до 7 діб, їх вертикальна протяжність не перевищує поверхні 500 гПа. Період їх найбільш часті появи – холодна пора року (жовтень і всі зимові місяці). Західні антициклони всіх типів складають половину всіх антициклонів, що з'являються на території України.

Північно-західні блокуючі антициклони починають свій шлях над Скандинавією, а потім переміщуються на південний схід і північний схід з середньою швидкістю – 30 - 50 км/год. Передуючі такому переміщенню процесів – це циклонічна діяльність над заходом Казахстану і південним сходом Європейської частини Росії. Для них характерний слабкий розвиток по вертикалі. Максимальний тиск в центрі в середньому – 1030-1045 гПа. Зазначені антициклони мають більші горизонтальні розміри, ніж попередній підтип, але поступаються йому в вертикальній потужності (до 300 гПа) і періоді існування. Північно-західні блокуючі антициклони складають 45% загального числа блоків. Їх максимальна кількість відмічається з грудня по березень і в жовтні місяці, а мінімальна – в квітні та вересні.

Східний блокуючий антициклон по суті представляє собою Сибірський антициклон, що змістився далеко на захід. Його центральна частина, як правило, розташована в районі Самари або західніше, а на Східну Європу розповсюджується потужний гребінь. Період існування змінюється від 4 до 19 діб, але частіше за все це 7-8 діб. Антициклон займає значну площу по горизонталі і вертикалі, досягаючи 200-100 гПа. Ці антициклони складають четверту частину усіх блокуючих антициклонів і половину від усіх східних та простежуються в холодну пору року. Можна додатково виділити процес, що породжується Сибірськими стаціонарними антициклонами – область підвищеного тиску над всією Східною Європою і над Україною, зокрема. Це характерно для перехідних періодів року (весна, осінь) [7].

Досить часто спостерігається ситуація, коли із заходу на південно-східну Україну розповсюджується відріг Азорського антициклоні, а зі сходу – Сибірського. Тоді від нульового меридіана до довготи 65-70° тягнеться область (або смуга) високого тиску. В цьому випадку над всією Східною Європою спостерігається стійка антициклонічна погода, не дивлячись на відсутність чітко виражених ядер високого тиску. Зазначені антициклони практично відсутні з квітня по вересень. Максимальна кількість цих

баричних утворень відзначається в січні-лютому та в жовтні-листопаді. Такий розподіл повторюваності пояснюється тим, що джерелом східних блокуючих антициклонів є Сибірський антициклон (сезонний центр дії).

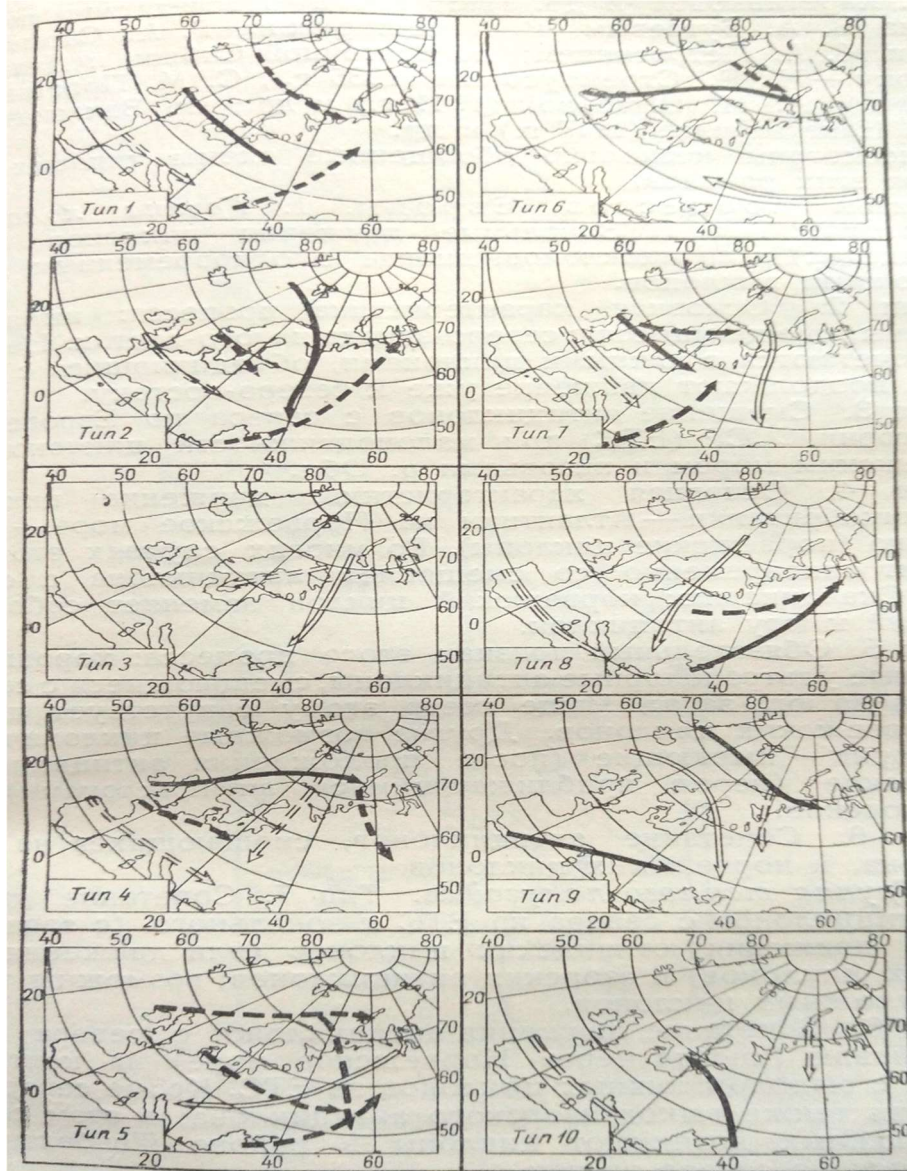


Рисунок 2.1 - Типи циклонів та антициклонів в Європі [8]

- 1 - траєкторії циклонів
- ⇨ 2 - траєкторії антициклонів
- ⋯→ 3 - додаткові траєкторії циклонів
- ⋯⇨ 4 - додаткові траєкторії антициклонів

Ці випадки можна віднести до блокуючих процесів, оскільки помітно слабшає як зональне, так і меридіональне перенесення. Проте інтенсивність такого блокування набагато менша, ніж в попередніх трьох типах. Через це смуги підвищеного тиску над Східною Європою лише умовно можна назвати квазіблокуючими [10].

2.3 Критерії блокування

Блокуючими називаються високі стабілізовані антициклони, що порушують загальний західний перенос в середніх широтах. Традиційно такі антициклони визначаються як області великих висот ізобаричної поверхні 500 гПа. Кількісний критерій наявності і інтенсивності блокування, який визначається на основі топографії цієї поверхні, був запропонований в [14] і пізніше отримав розвиток в роботах [15, 16]. В останній з цитованих робіт блокування визначається наступним чином. Градієнти геопотенціальної висоти Z поверхні 500 гПа розраховувалися на кожній довготі (на географічній сітці 4 x 4) для 50° і 70° пн. ш і їх околиць ($\pm 4^\circ$ широти):

$$G(50) = \frac{Z(\varphi_0) - Z(\varphi_s)}{\varphi_0 - \varphi_s},$$

$$G(70) = \frac{Z(\varphi_n) - Z(\varphi_0)}{\varphi_n - \varphi_0}. \quad (2.1)$$

Тут $\varphi_0 = 60^\circ + \Delta$; $\varphi_n = 80^\circ + \Delta$; $\varphi_s = 40^\circ + \Delta$; $\Delta = -4; 0; 4^\circ$ широти На певній довготі в конкретний термін визначалося наявність блокування, якщо хоча б при одному значенні виконувалися наступні умови:

$$G(50) > 0 \quad (2.2)$$

$$G(70) < -10 \text{ м/град широти} \quad (2.3)$$

Умова (2.2) було додано в роботі [16], тоді як [15] було присутнє тільки в умова (2.2). Умова (2.3) дозволило виключити з "каталогу блокування" випадки великого зсуву на південь західної струменевої течії середніх широт, так що умова (2.2) формально виконувалося, але з точки зору синоптиків таку ситуацію не можна було вважати блокуючою. Фактично умови (2.3) означає, що на північ від блокуючого антициклону повинен існувати помітний західний потік (швидкість не менше 8 м/с).

Формулювання, по суті аналогічно наведеної і висхідна до [16], використана в [14]: аналог G, який має вигляд:

$$BI=100[MZ/RC - 1] \quad (2.4)$$

розглядається не тільки як критерій наявності блокуючого антициклону (при $BI > 0$), але і як характеристика його інтенсивності. Тут - максимум висоти поверхні 500 гПа в замкнутому антициклоні або на осі гребеня, - обрана (суб'єктивно) репрезентативна ізогіпси. Для розрахунку використана наступна формула для RC:

$$RC = \frac{1}{2} \left(\frac{Z_u + Z_d}{2} + MZ \right), \quad (2.5)$$

де Z_u , Z_d - мінімальні значення висоти поверхні 500 гПа на осях балок, що лежать вище і нижче по потоку відповідно щодо блокінг на тій же широті, де спостерігається максимум MZ.

Інший критерій блокування був представлений в [12]: блокуючий антициклон визначався як область, в якій відхилення геопотенціала ізобаричної поверхні 500 гПа H_{500} від середньо широтного значення був позитивним і не меншим заданого критичного значення в перебігу проміжку часу, прийнятого за тривалість блокування. Якщо ця умова перестає

виконуватися на короткий (2 доби і менше) час, а потім знову виконується, то період блокування вважається безперервним включаючи цей короткий час.

Очевидно що критерії (1), (2) пропонують відсікання блокуючого антициклону з півдня (повне або часткове, з омега-образної конфігурацією ізогіпси), а критерій з [2,3] включає в число блокінг також не відсікаючи стаціонарні гребені, в яких знак горизонтального градієнта H_{500} зберігається на всіх широтах.

Як кількісну характеристику інтенсивності блокування, що примикає до критеріїв (1), (2), вкажемо так звану «дію» [6, 14]. Визначення цієї величини наведемо згідно [6]:

$$S = \int_0^{\tau} I(t)L^2(t)dt. \quad (2.6)$$

Тут інтегрування виконується в межах від 0 до τ , де τ - тривалість існування блокінг, I - перепад тиску між центром і периферією (аналог (1)), L - лінійний розмір блокінгу.

В [22] запропоновані так звані $PV - \theta$ - індекс блокування і визначення блокуючого антициклону, що спирається на концепцію потенційного вихору Ертеля PV і потенційної температури θ як основних динамічних характеристик атмосфери [18]. Згідно [22], який блокує антициклон є явище звернення знака звичайного меридіонального градієнта потенційної температури на динамічній тропопаузі в околиці широти кліматологічного шторм - треку, що має горизонтальний масштаб 1500 км і більше, що зберігаються не менше 5 діб. В якості динамічної Тропопауза беруться ізоповерхні 2 рви потенційного вихору Ертеля:

$$PV = -g \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} + f \right) \frac{\partial \theta}{\partial p}. \quad (2.7)$$

Тут g - прискорення сили тяжіння; p - приземний тиск; u, v - складаючі швидкості по осях x, y відповідно; $f = 2\omega \sin\varphi$ параметри Каріоліса. Прийнята одиниця виміру потенційного вихору - $1pvu = 10^{-6} \text{ К/м}$

Зазвичай меридіональний градієнт на динамічній тропопаузі характеризується великим значенням на півдні і меншим на півночі. Характерна конфігурація блокінгу, як вона дається в [22], має вигляд, представлений на рис. 2.2

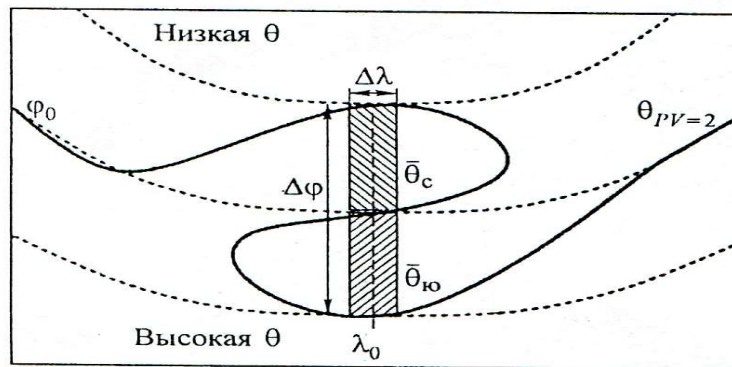


Рисунок 2.2 - Схема розподілення потенційної температури θ на поверхні $PV = 2pvu$ для розрахунку $PV - \theta$ - індексу блокування B на заданій довжині λ_0 : жирна лінія - репрезентативна ізолінія $\theta = const$ при наявності блокуючого циклону [22]

Індекс блокування представляється у вигляді:

$$B = \frac{2}{\Delta\varphi} \int_{\varphi_0}^{\varphi_0 + \Delta\varphi/2} \theta d\varphi - \frac{2}{\Delta\varphi} \int_{\varphi_0 - \Delta\varphi/2}^{\varphi_0} \theta d\varphi. \quad (2.8)$$

Згідно з цим визначенням, $B < 0$ в західному потоці, а в зоні блокування $B > 0$. На довготі λ має місце блокування, якщо там $B > 0$ показуючи, що там

висока потенційна температура θ в більш північних широтах і низька південніше. Такі основні критерії блокування, використовувані в даний час.

2.4 Типи блокування

Сформульовані наступні умови, яким повинні задовольняти випадки блокуючих антициклонів:

- Критерій (1) повинен виконуватися для антициклонів потоку на поверхні 500 гПа мінімум протягом 5 діб;
- початком випадку блокування вважається термін через 24 години після першого виконання умови (1), а кінцем - термін за 24 години до припинення його виконання;
- антициклон повинен розміщуватись на північ від 35° пн. ш або на південь від 30° пд. ш., а амплітуда гребеня повинна бути не менше 5° широти.

Виділяються чотири типи блокування:

1. Локальний блокінг в конкретний термін. Це область, в якій індекс «В» позитивний за розрахунками за конкретний термін на трьох як мінімум широтах при $\Delta = 4^\circ$ широти і на довготному інтервалі 5° (вказується що це значення не критично і визначається з метою розрахунків).

2. Великомасштабний блокінг. Це область зі значенням «В >0» не менше 15° по довготі (що рівно порядку величини радіуса деформації Россбі на широті 50°) 30° за широтою в конкретний термін.

3. Епізод блокування. Це великомасштабний блокінг, що зберігається не менше 4 діб (бралося 10 діб) в інтервалі 10° довготи. Таке зменшення $\Delta\lambda$ покликане врахувати можливість невеликих зсувів антициклону день від дня.

4. Секторний блокінг. Секторне блокування і епізоди секторного блокування визначаються так само, як для типів 2 і 3 відповідно, але мається на увазі локалізація всередині секторів, оскільки відомо що блокування має

тенденцію часто виникати в одному і тому ж довготному місці. Тут сектором називається інтервал 65° по довготі, а секторний блокінг відзначається, якщо позитивно на інтервалі не менше 15° довготи всередині сектора. Епізод секторного блокінгу - це секторний блокінг, що зберігається не менше 4 послідовних діб.

Також визначається початок і кінець блокування як перший термін з блокуванням і перший термін без блокування відповідно. На рис 2.2 наведена повторюваність секторних блокувань, отримана в [22]. Незважаючи на певні відмінності в кількісних умови та критерії, основні результати різних робіт добре узгоджуються в якісному відношенні. Так в Північній півкулі максимум повторюваності блокування було отримано над Східною Атлантикою і Європою, вторинний максимум - над центральними і східними районами Тихого Океану. Близько Скандинавії отримано 24% доби з секторним блокуванням.

Річний хід характеристик блокування складний, міжрічна мінливість висока. Довготривалих трендів повторюваності не відзначено, в основному в Північній півкулі. Над Європою максимум інтенсивності блокуючих ситуацій отриманий взимку і восени. Частка епізодів секторного блокування над Європою при тривалості 5 діб і більш-більше ніж де - небудь. Це пов'язано з орфографією і розподілом моря і суші, а також снігового покриву.

У Північній півкулі блокуючі антициклони спостерігається частіше і вони більш інтенсивні, ніж в Південній. Причини відмінностей складаються в динаміці утворення блокінгу [9, 15], а в кінцевому рахунку-в особливостях розподілу моря і суші. Існують результати, що вказують на зв'язок інтенсивності і локалізації блокуючих процесів з сонячною активністю і з такими режимами загальної циркуляції атмосфери, як квазідвухрічне коливання і Ель - Ніньо. Так відмічена підвищена повторюваність блокінгу в роки Ла - Нінья в порівнянні з Ель - Ніньо в Північній півкулі і зворотне співвідношення в Південному.

Блокування в високих широтах співвідноситься з нелінійним режимом Північної кільцевої моди (Northern Annual Mode - NAM) - глобальним режимом, що виявляється в Атлантиці як північноатлантичне коливання; такий зв'язок відзначалася і раніше.

Очевидно що в блокуючих антициклонах загальний вміст озону (ОСО) менше, перш за все через адвекцію тропічного повітря з більш високою Тропопауза. Озонові міні-діри (нестаціонарні локальні мінімуми ВЗГ, що визначаються динамікою атмосфери) в 25% випадків пов'язані з блокуванням. Райони найбільш чутливі до зменшення ВЗГ при блокуванні - це Скандинавія і Аляска.

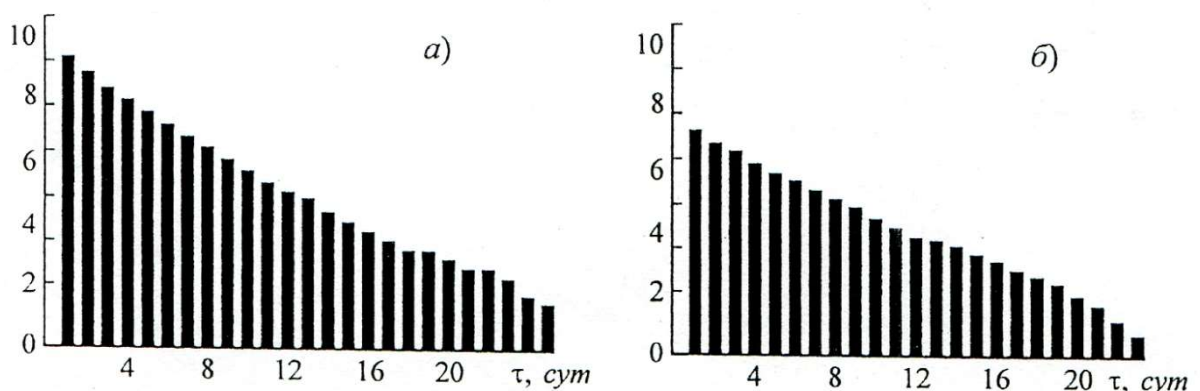


Рисунок 2.3 - Число випадків (в логарифмічній шкалі) секторного блокування тривалістю не менше кількості днів τ , вказаного на осі абсцисс, по Північній півкулі (а) і в секторі, центрованному на 20° в.д (б) [9]

Велика частина (близько 2/3) основних міні - дир при блокуванні обумовлена адвекцією бідних озном повітряних мас до полюса поблизу тропопаузи до екватора в середній тропосфері; решта - адіабатичним підняттям ізентроп у верхній і середній тропосфері.

2.5 Механізми виникнення і підтримання блокування

Ранні гіпотези використовували аналогію з гідравлічним стрибком при переході від вузької зональної струменя до широкого повільного потоку. В даний час появи блокінгу зв'язується з динамікою довгих хвиль Россбі і розглядається як результат їх нелінійної нестійкості і перекидання. Це суто нелінійний процес супроводжується і підтримується взаємодією як з великомасштабними рухами, так і з вихорами синоптичних масштабів - циклонами і антициклонами. Існує серія робіт, в яких розраховані потоки енергії до блокінгу від процесів макро - і синоптичних масштабів. Отримані при цьому висновки неоднозначні. Так визначено, що приплив енергії від квазістаціонарного ланцюга хвиль Россбі до блокуючого антициклону має першорядне значення в формуванні останнього над Європою а приплив її синоптичних вихорів - для формування блокуючого антициклону над північню Атлантики. Цей висновок якісно узгоджується з більш ранніми результатами, тоді як автори [15] для випадків річного блокуючого антициклону знайшли, що хоча «живлення» від синоптичних вихорів грає важливу роль, але адвекція антициклонічною завихрення з максимумом верхній тропосфері є найважливішим фактором збільшення H_{500} в центрі антициклону протягом усього періоду його існування. З іншого боку, в [14] робиться висновок про примат змушення синоптичними вихорами. В [13] зародження блокінгу надано комбінацією диполя і солітону (монополя) планетарного масштабу, які потім при взаємодії з синоптичними вихорами еволюціонують таким чином, що дипольна структура посилюється і домінується над руйнуючим монополією. Згідно з однією з останніх опублікованих робіт цього напрямку, [13] значимість вкладу синоптичних вихорів залежить в цілому як від амплітуди планетарних хвиль, що формують зароджується блокінг, так і від властивостей синоптичних вихорів, при чому обидва ці чинники діють по різному в різних районах, Так, в Північній півкулі блокування пов'язане насамперед із взаємодією хвиль

синоптичного і планетарного характеру, а в Південному з суперпозицією цих хвиль в більшій мірі, ніж з їх енергообміну, що пояснює менші повторюваність, інтенсивність і тривалість збереження блокінгу Південної півкулі; при цьому відмінність у механізмах підтримки сильніше виражені в атлантичних секторах обох півкулях, ніж в тихоокеанських.

З останніх робіт відзначимо статтю [16], в якій аналізується процес перекидання хвилі Россбі і відсікання утворилася аномалії, а також зворотний зв'язок з синоптичними вихорами, описувана через квазівектор Хоскінса E .

Можна вважати, що ефекти змушення синоптичними вихорами і адвекції потенційної завихреності планетарними хвилями дійсно визначають розвиток і підтримку блокінгу, але їхні відносні внески варіюються в широких межах в залежності від конкретних умов.

2.6 Існуючі методи виявлення блокування

Розглянемо коротко основні існуючі методи виявлення блокування. Еліот і Сміт дали наступне визначення блокування: стан циркуляції, при якому нормальна західна течія переривається в секторі сильною стійкою течією меридіонального типу. Рекс [12] більш чітко визначив критерії ідентифікації, а саме: 1) основна західна течія розщеплюється на дві гілки; 2) кожна гілка переносить велику масу повітря; 3) система із двох струменів розщеплюється по меншій мірі на 45° довготи; 4) в точці розщеплення течії спостерігається різкий перехід від зонального типу до меридіонального; 5) ця ситуація повинна існувати не менше 10 днів.

Взагалі в [12] виділяють два різні способи виявлення блокуючих процесів в атмосфері: перший – група методів основана на візуальному аналізі синоптичних карт, тобто приземних та висотних. При цьому існують деякі умови до структури термобаричного поля, а саме, виконання та збереження в визначений період часу ряду якісно визначених умов. Такий

підхід має назву синоптичного і переважає в літературі до кінця 80 - х років. Цей метод визначення блокування відрізняється не тільки переліком ознак, що відображають кінематичну структуру термобаричного поля, але і способом визначення положення центру блокування. Таким чином, виділяють дві думки щодо виявлення синоптичним методом центру блокування. Перша – за центр блокування бралася точка розщеплення західного потоку, в той же час інші автори вважали – центр антициклону або вісь гребеня. З відомих загальних форм блокування в [13] виділені наступні: 1) існування високого, теплого та малорухомого антициклону; 2) тип циркуляції меридіональний, що характеризується одним з трьох типів (дипольна, меридіональний гребінь, омегоподібний) – рис.2.1.; 3) просторова протяжність блокуючої системи $35-40^\circ$ довготи; 4) гребінь чи антициклон повинен розташовуватись північніше 30° широти.

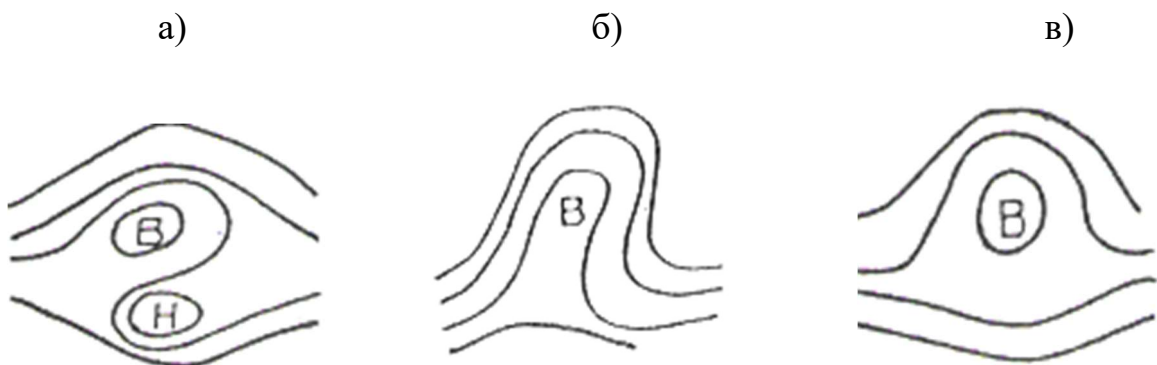


Рисунок 2.4 - Форми блокуючих процесів [13]: а) розщеплений потік (диполь); б) меридіональний гребінь; в) омегоподібний гребінь

Існує друга група методів, що припускають використання деякої сукупності показників, які описують блокуючу ситуацію, задовольняючи вимоги даного конкретного дослідження. В [13] ці методи називають об'єктивними на відміну від першої групи методів – суб'єктивних. За основу в них покладена умова існування стаціонарного антициклону, який можна

представити у вигляді стійкої в часі додатної аномалії тиску або геопотенціалу та ін.

На початку 80 - х років запропонований ще один об'єктивний метод, заснований на врахуванні одного з елементів другої ознаки блокування — диполя в полі геопотенціалу. Цю особливість блокуючих процесів добре відображає випадок, коли індекс циркуляції (різниця геопотенціалу на широтах 40 і 60°) від'ємний. Проте, якщо блокуюча ситуація визначається меридіональним гребенем, значення різниці геопотенціалу на цих широтах може не бути від'ємною, внаслідок чого ці випадки блокування будуть пропущені і повторюваність в даному районі виявиться заниженою. Цей об'єктивний метод називатимемо методом індексу зональної циркуляції (ІЗЦ) [6].

В роботі Шаповалової Н.С. проведено аналіз особливості меридіонального профілю геопотенціалу для виявлення блокінгів за формулами Леєнаса і Оккланда (Lejenas H. , Oklad H.) [13], які приймають на довготі λ виконання обох умов:

$$\begin{aligned} I(\lambda) &= H(\lambda)_{40^\circ \text{ пн.ш.}} - H(\lambda)_{60^\circ \text{ пн.ш.}} < 0; \\ \frac{I(\lambda - 10^\circ) + I(\lambda) + I(\lambda + 10^\circ)}{3} &< 0, \end{aligned} \quad (2.8)$$

де H - значення геопотенціалу на поверхні 500 гПа на довготі λ , то на даній довготі має місце явище блокування зональної циркуляції атмосфери (ЗЦА)

У пошуках об'єктивних критеріїв блокування ЗЦА з метою виявлення закономірностей і оцінки характеристик блокінгів метеорологи звернулися до вивчення особливостей аномалій метеорологічних полів, що спостерігаються в період блокуючих ситуацій, і стали ототожнювати явище блокування ЗЦА з характером цих аномалій.

Найбільшого поширення набув об'єктивний метод, побудований на виявленні в середніх широтах локальних інтенсивних і тривалих аномалій у полях тиску або геопотенціала. Але цей метод трудомісткий при практичній реалізації, так як він вимагає для аналізу оперативно поточних даних залучення історичної інформації. Крім того, особливості використання історичної інформації відбиваються і на характеристиках блокінг. Так, був втрачений (в результаті застосування жорстких сезонних критеріїв для оцінки аномальності) сезонний хід частоти блокування, який упевнено демонструється при застосуванні до виявлення блокування інших підходів. Недоліком цього методу є ще і його неоднозначність, так як локальна аномалія може бути і не пов'язана з явищем блокування. Слід зазначити, що саме дослідження характеру локальних аномалій метеоелементів у період блокування ЗЦА (велике дослідження в цьому напрямку виконано Доулем) є дуже важливим і навіть необхідним при розробці методів інтерпретації блокуючих ситуацій у термінах елементів погоди.

Більш привабливим до виявлення блокуючих ситуацій є підхід, заснований на аналізі меридіональних профілів метеоелементів. Відомо, що при звичайному зональному переносі меридіональний профіль геопотенціальної поверхні має нахил у бік полюса. Причому найбільша густина ізогіпс, що відображає величину нахилу, зосереджена в 20 - градусному широтному поясі (40 - 60° пн. ш.). Меридіональний профіль зонального вітру на цій ділянці має опуклу форму з максимальною, яка визначається кутом нахилу геопотенціалу, швидкістю в середині (приблизно 50° пн. ш.) цього інтервалу.

При блокуванні ЗЦА нахил геопотенціальної поверхні в середніх широтах змінюється на зворотний на тих довготах, де виник блокуючий антициклон. Профіль швидкості вітру на цій ділянці стає ввігнутим, з мінімальним значенням в центрі, що випадає на широту розщеплення струменя, і максимальними значеннями на її бічних флангах.

Вперше особливості меридіонального профілю геопотенціала для виявлення блокуючого процесу були використані Леенасом і Окландом. Вони взяли, що, якщо на довготі λ виконуються умови (де H - геопотенціальної висота поверхні 500 гПа), то на даній довготі має місце явище блокування ЗЦА.

Для південної півкулі, де струмінь сконцентрований в більш вузькій зоні і розташований ближче до екватора, індекс $I(\lambda)$ аналізується із залученням геопотенціала на інших широтах.

Зауважимо, що локальний індекс $V.I.(\Lambda)$, на відміну від $I(\lambda)$, характеризує не тільки наявність двох (по зміні знака) режимів ЗЦА, але і вказує їх інтенсивність. Однак розплата за цю додаткову інформацію настає при підрахунку середнього за часом або глобального індексу. При порівняно однакової тривалості і інтенсивності зонального режиму і режиму блокування на аналізованому просторово - часовому інтервалі середні індекси можуть знівелювати обидва ці режими. Тому в бюлетені до середніх значень індексу за поточний місяць представлена додатково його просторово - тимчасова розгортка.

Метод виявлення блокуючих ситуацій із залученням індексів типу $V.I.$ і може бути зроблено на ЕОМ, що дозволяє проаналізувати великі інформаційні масиви даних спостережень, не вимагає ніякої апріорної інформації, що піддається фізичній інтерпретації. Однак недоліком цього підходу є жорстка прив'язка індексів до певної широтної зони. Відомо, що струмінь має не тільки сезонний хід (взимку опускається до екватора, а влітку піднімається до полюса), а й змінюється в просторі. При блокуванні розщепленого струменя часто відбувається не на дві рівні частини, як сформульовано у визначенні Рекса. В Атлантичному секторі (АС.) воно, як правило, відбувається на більш низьких широтах з більш інтенсивною північною гілкою, ніж в тихоокеанському секторі (ТОС), де більш інтенсивною є південна гілка, а блокуючий антициклон часто лежить вище 60° пн. ш. Всі ці причини призводять до того, що при жорсткій прив'язці

індексів до певної широтної зони вони не фіксують багато блокуючих ситуацій.

Труднощі виявлення БУ, а також побудови індексу блокування (ІБ) позначаються на тому факті, що в бюлетені ВМО ВПК, де представлені дані моніторингу найважливіших характеристик клімату, відомості про блокуючі активності ЗЦА для північної півкулі не представлені взагалі, а індекси блокування для південної півкулі не точно її відображають.

Глобальний прояв блокування представлено: міжрічними змінами за 1969-1984 рр. середніх місячних значень глобального індексу блокування за кожний місяць ІБГ (М); сезонними змінами глобального індексу блокування ІБ (за даними за 16 років). Тут же для порівняння наведено характеристики зміни моменту імпульсу зональних вітрів (за даними за 25 років) АТ і індексу зональної циркуляції для поверхні 500 гПа (за даними за 25 років) АТ 500.

Представлені результати показують, що глобальні індекси блокування варіюють у досить широких межах, приймаючи в окремих випадках значення від 10 до 40% і більше, а осереднені значення від 10% до 25%. Хоча різні періоди осереднення і масштаби глобальності (Δh взято для всієї сфери) не дозволяють зіставити індекси блокування з індексами зональності коректно, можна відзначити деякі тенденції в їх поведінці. Вони полягають у наступному:

- підвищена блокуюча активність ЗЦА спостерігається на фоні підвищеної інтенсивності зонального перенесення (грудень-квітень - обидві криві ІБ і С лежать вище своїх середніх значень);

- в період збільшення блокуючих процесів активності ЗЦА сезонна мінливість ІБ знаходиться в протифазі з сезонним ходом зміни моменту імпульсу зональних вітрів Δh . Така поведінка індексу блокування, в якому в концентрованій формі укладені закономірності явища, не суперечить тим уявленням про роль гідродинамічної нестійкості і орографії у створенні БО в атмосфері. А це в свою чергу відображає той факт, що використовується критерій об'єктивно виявляє блокуючі ситуації в атмосфері.

2.7 Прогнозування блокуючих антициклонів

Можливість прогнозування блокуючих антициклонів за допомогою численних моделей досліджувалися в якості короткострокового і середньострокового прогнозу головним чином в аспекті передбачення появи блокінгу.

Якщо блокування реально розвивається через 3 - 4 доби від початкового терміну прогнозування, то бути велика недооцінка його повторюваності і інтенсивності; при попередженні до 10 діб тільки 50% реальних блокінгів прогнозується, і близько половини з них прогнозується не в ті дні що насправді. Фактично помилки обумовлені нездатністю моделі передбачити зміну режиму від зонального - до блокуючого. Аналогічні оцінки стосовно глобальної спектральної моделі Японського метеорологічного агентства і Національного метеорологічного центру США за зиму 1988/89г. (в порівнянні з моделлю ЕЦСПП) у всіх аналізованих моделях успішність мала різкий мінімум в термін переходу режиму зонального потоку до блокування .

Пізніше на простій трирівневої спектральної квазігеострофічної моделі шляхом оцінки чутливості моделі до збурень, які в реальних даних відповідали потоку за 3 доби до встановлення режиму блокування або сильного зонального потоку. Задавалися різні типи збурень і вибиралися «найбільш чутливі» і «найменш чутливі» з них. Таким чином виявлялися ті конфігурації потоку, які виявляли найбільш сильну тенденцію переходу до блокування або до встановлення зонального потоку.

Причини недооцінки повторюваності і інтенсивності блокування в моделях загальної циркуляції, можливо в ряді випадків пов'язані з недостатньою точністю моделювання рухів в стратосфері. Так поліпшення моделі в стратосфері, покращує прогноз блокування. Детальний аналіз ефектів дозволу моделі показує що цей фактор неоднаково впливає на успішність прогнозування блокінг в Євразійській-Атлантичному і

Тихоокеанському секторі. У цій же роботі зроблена спроба зверхдовгосрочного прогнозу повторюваності і інтенсивності блокуючих антициклонів: шляхом моделювання майбутньої загальної циркуляції атмосфери відповідно до відомим сценарієм A1B емісії парникових газів знайдено, що зимовий довгоживучі (більше 25 діб) антициклони в майбутньому повинні зникнути.

Зіставляючи цей результат з більш ранніми оцінками тенденцій зміни режимних характеристик блокуючих антициклонів при подвоєнні концентрації CO_2 або збільшенні поверхневої температури повітря, знаходимо що ступінь навіть якісного згоди загальних висновків невисока. Так, в першому випадку при подвоєною концентрації CO_2 слід очікувати, що блокують антициклони стануть більш тривалими, але більш слабкими, у другому випадку-при більш теплій атмосфері і більш слабкою зональної циркуляції блокінг виявляються так само більш довгоживучими, при цьому блокінг зі збільшенням розмірів повинні інтенсифікуватиметься.

З розвитком ансамблевого прогнозування інтенсивно досліджується його можливості щодо прогнозування блокуючих антициклонів. Досліджений внесок невизначеності початкових умов в результати чисельного моделювання блокуючих антициклонів над Тихим океаном за допомогою моделі *CCM (Community Climate Model) NCAR*: по 20 різних початкових полів генерувалося шляхом обурення полів маси і моменту для ситуацій зонального потоку і блокування (по 6 епізодах кожного режиму) за 8,4,2 і 0 діб до встановлення режиму. Чим більше цей інтервал попередження, тим більше недооцінка блокінг і невизначеність прогнозу його настання. Виказується гіпотеза, що ці результати пояснюються тим, що хвилі синоптичного масштабу через 6 діб стають некоррельованими в різних частинах ансамблю, тоді як об'єкти планетарного масштабу зберігають реалістичні риси до 10 діб і, більш того, їх дисперсія в межах ансамблю зменшується близько дня настання блокування. Таким чином, хоча початкові умови визначають межу передбачуваності, але в цілому через великих

масштабів прогноз блокінг залишається краще кліматичного прогнозу навіть до 14 діб попередження, тому можна сподіватися за допомогою ансамблю краще прогнозувати появи блокіngu.

У дослідженні можливості системи моделей *EPS (Ensemble Prediction System)* ЕЦСПП (51 член ансамблю) з позиції оцінки ймовірності блокування на даних одного року (серпень 2000р липень 2001 р). Члени ансамблю утворені обуренням початкових умов і використанням стохастичних фізичних схем. Імовірність настання блокінг оцінюється по більшості моделей згідно з формулою $P=M/N$, де M - число членів ансамблю, котрі пророкують виникнення блокінг; N - загальне число членів ансамблю. Робиться висновок, що така ймовірна процедура забезпечує секторний прогноз блокування до 10 діб попередження, хоча деяка недооцінка присутня. Імовірнісний прогноз краще детермінованого прогнозу по будь-якої індивідуальної моделі при будь-яких упереджених. Система *EPS* виявляється корисною як для короткострокового, так і для середньострокового прогнозу.

Аналогічні оцінки для ансамблю з глобальної спектральної моделі *NCEP* наводиться в [24]. Ансамбль прогнозів N_{500} за два холодних сезону (ще один сезон використаний як додаткова вибірка) був сформований шляхом *time-lag procedure*, тобто з прогнозів на один і той же термін, але з різних початкових термінів, з використанням методів "вирощування збурень" (*breeding method*), коли ростуть моди, отримані в незалежних розрахунках, додаються або вичитуються з аналізу. Оцінювалася успішність прогнозу переходу до режиму блокування. Одержуваний таким шляхом "сирий" (некалібрований) все ж занижував повторюваність блокування в усі сезони. Калібрований (тобто з поправкою на системну помилку) прогноз був в середньому краще кліматичного в обох (Атлантичному і Тихоокеанському) секторах, а в Атлантичному секторі - завжди краще некаліброваного. Дещо гірший результат в Тихоокеанському секторі, автори пояснюють це тим, що

вони використовували один і той же прогностичне регресійні рівняння в обох секторах.

В [16] прогноз по ансамблю, що отримується, як і в [12], порівнювався з прогнозом, заснованим на уявленнях теорії лінійної нестійкості баротропних мод на узагальненій бета - площині з різним способом турбулентного замикання системи. З результатів відмітимо, що формування великомасштабних когерентних структур в атмосфері зазвичай асоціюється зі значним збільшенням нестійкості потоку і відповідно з втратою передбачуваності. Далі виявлено, що результати, отримані в одній з гіпотез замикання, цілком можна порівняти з результатами прогнозу по ансамблю численних моделей.

З останніх робіт цього напрямку відзначимо [26]. Автори висловлюють думку про зв'язок блокінгу з кліматичними гребенями і з режимами типу північноатлантичного коливання, а також про корисність обліку середніх по часу значень V на різних довготах, покладаючись на статистичні моделі прогнозу блокування.

У зв'язку з проблемою прогнозування досліджується також «попередники» блокінгу, тобто системи синоптичного масштабу, згодом передають свою кінетичну енергію рухам масштабу блокуючих антициклонів. Попередники найчастіше локалізовані на північній периферії верхньотропосферної струменевої течії над Атлантичним і Тихим океанами, мають тенденцію до зміщення з північного сходу на південний захід. Ці обурення швидко розвиваються внаслідок доступною потенційної енергії висотної фронтальної зони, і з часом їх кінетична енергія стає основною складовою бюджету енергії блокуючого антициклону.

3 БЛОКУЮЧІ ПРОЦЕСИ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ ЗА ОСТАННЄ ДЕСЯТИРІЧЧЯ

3.1 Повторюваність процесів блокування за останні десять років

Дослідження процесів блокування за останнє десятиріччя виявило значні розбіжності в їх розподілі в порівнянні попередніх років. Тривалість деяких типів блокування дещо зменшилася як і загальна повторюваність. Практично незмінною залишилася тільки сезонність даних процесів.

Як можна побачити із рис. 3.1а, максимальну повторюваність мають сибірські блокуючі антициклони, а мінімальну арктичні. Азорські, в свою чергу мають середню повторюваність. Аналогічне дослідження за 2001...2009 рр. (рис. 3.1б) показував максимум повторюваностей арктичних антициклонів, особливо в середині періоду.

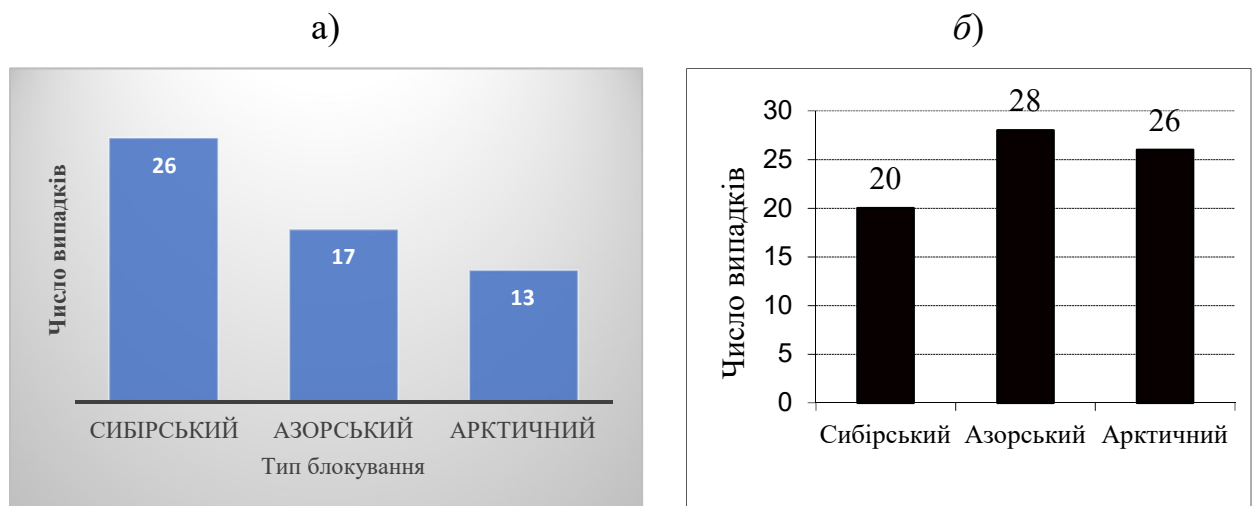


Рисунок 3.1 – Гістограма повторюваностей блокуючих процесів за: а) 2011...2020 рр. б) 2001...2009 рр.

Також є деякі відмінності розподілу блокуючих процесів по сезонам (рис. 3.2). Так, арктичний блокуючий антициклон в останнє десятиріччя спостерігався лише взимку та окремі випадки відмічалися восени, в той час як в попередні роки даний вид блокування дещо частіше спостерігався в перехідні сезони.

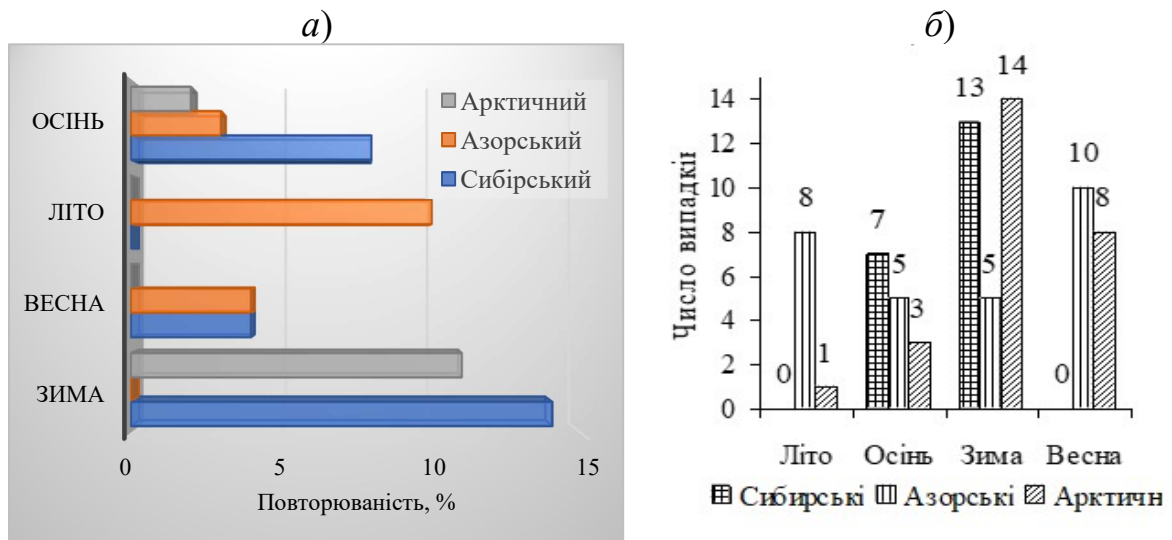


Рисунок 3.2 – Гістограми повторюваностей блокуючих процесів по сезонам року

Також слід зазначити, що за останні роки значно зменшилася тривалість процесів блокування, особливо сибірського антициклону.

Подальше дослідження стосувалося здебільшого сибірського блокуючого антициклону так як саме з ним найчастіше були пов'язані складні погодні умови над територією України.

3. 2 Визначення процесів блокування та їх вплив на територію України

Для вирішення поставленої мети використовувалися дані аеросиноптичного матеріалу АРМСин (карти приземного аналізу, АТ-500 та ВТ₁₀₀₀⁵⁰⁰), дані об'єктивного аналізу NCEP геопотенціалу на рівні 500 гПа.

За блокуючи приймалися випадки стаціонарування антициклону над однією територією від 5 днів і більше.

Ідентифікація ситуацій блокування виконувалася за даними ре-аналізу шляхом розрахунку значень індексу блокування Ленаса і Окленда I , який враховує меридіональний профіль геопотенціалу та знаходиться за формулами:

$$I(\lambda) = H_{40^\circ \text{ шир. ш.}}(\lambda) - H_{60^\circ \text{ шир. ш.}}(\lambda) < 0;$$

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

де H — значення геопотенціалу на поверхні 500 гПа на довготі λ .

Варто зазначити, що синоптична ситуація на даній довготі ідентифікується як блокування зонального переносу тільки при виконанні обох умов.

Всього в зазначений період було виявлено 56 випадків блокуючих антициклонів, найбільшу повторюваність та основний вплив мали три типи: сибірські, арктичний та азорський. Саме ним і приділена в даній роботі основна увага.

При розгляді погодних умов, що спостерігалися над територією України в період існування стаціонарних антициклонів за останні 10 років, виявили, що найчастіше погодоутворюючими при цьому були циклони, що не мали змогу продовжувати свій рух на схід. Для території України це були південні (балканські) циклони, повторюваність яких за останні роки значно

зросла і дещо менше – північно-західні циклони (рис. Додаток А.1-А.4), а в деяких випадках утворювалася полоса підвищеного тиску (Додаток А5.-А.6) яка і ставала погодоутворювальною для даної території. Слід зазначити, що дані циклони блокував постійно сибірський антициклон, загальна повторюваність якого в значно перевищує всі інші типи блокування. В теплий період року можна виділити ще погодні умови пов'язані безпосередньо з блокуючим антициклоном. Тобто, коли гребінь азорського, а в холодний період ще й сибірського антициклонів досягають території України і з'єднуються в полосу підвищеного тиску (рис. 3.3).

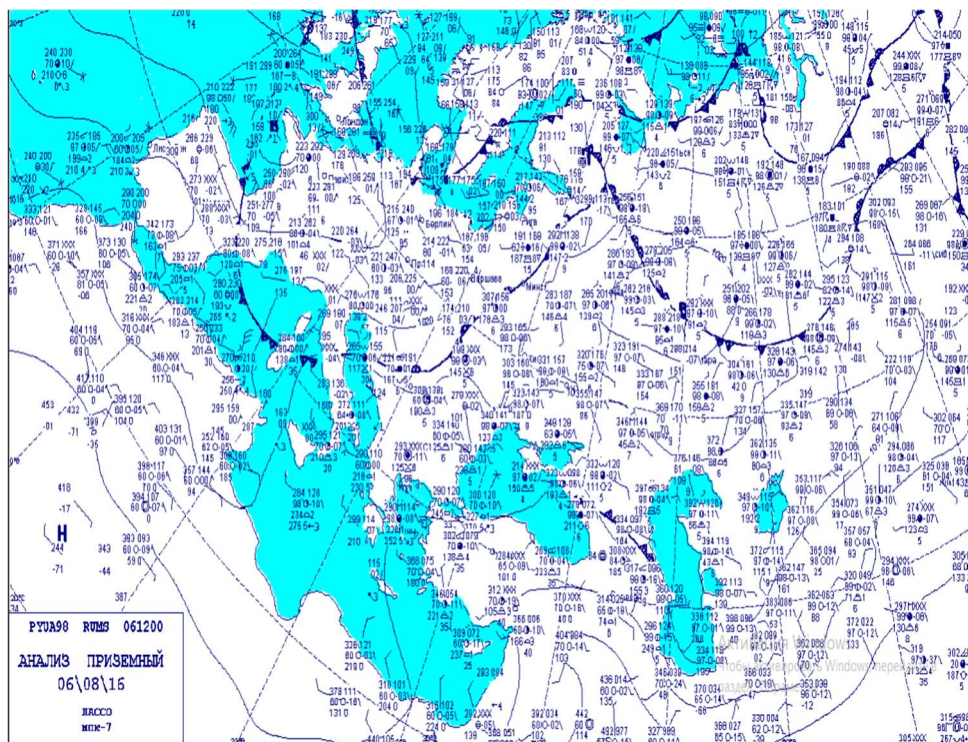


Рисунок 3.3 – Карта приземного аналізу за 06.08.2016 р.

В цьому випадку, над територією України влітку встановлюється суха та спекотна погода (можлива навіть засуха), а в холодний період – суха морозна погода.

В якості прикладу наведемо один із випадків блокуючого антициклону в грудні 2020 та січні 2021 року.

Одним із прикладів потужного процесу блокування відмічався в кінці грудня 2020 року (з 25.12.2020 р.), коли стаціонаввання сибірським антициклоном призвело до блокування західно-східного переносу та чередування дощової та снігової погоди по всій території України.

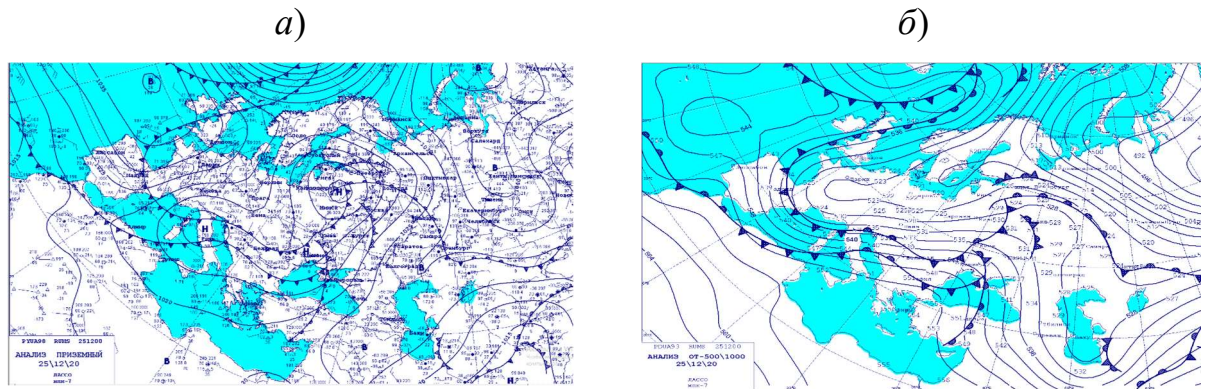


Рисунок 3.4 – Карта приземного аналізу: *а)* та відносної топографії *б)* за 25.12.2020 р.

В цей період, в улоговині досить потужного північно-західного циклону постійно утворювалися південні, які і визначали погодні умови над територією України на протязі декількох діб.

Як бачимо із рис.3.4 *а, б*, територія України знаходилася в південно-східній частині південного циклону та в гребені тепла. Погода спостерігалася дощова (зливові опади), пов'язана з фронтальними розділами, що проходять над даною територією. В силу того, що циклони не переміщуються далі на схід, вони проходять всі стадії свого розвитку, а деякі і регенерують над нашою територією.

Звертає на себе увагу і південний циклон над Італією в улоговині північно-західного циклону який 27.12.2020 р. вже знаходиться на стадії заповнення. Досить часто такі циклони досягають території України і приносять дощову погоду, але в цьому випадку такого не трапилося в силу того, що над нашою територією з 27.12.2020 р. розташовується область підвищеного тиску.

Розрахунок індексу блокування за весь період показав, що від'ємні його значення, які сигналізують про наявність блокуючого процесу, спостерігалися з самого початку процесу стаціонування антициклону на сході. Мінімальних своїх значень (-200) індекс досяг 27.12.2020 р. (рис.3.5).

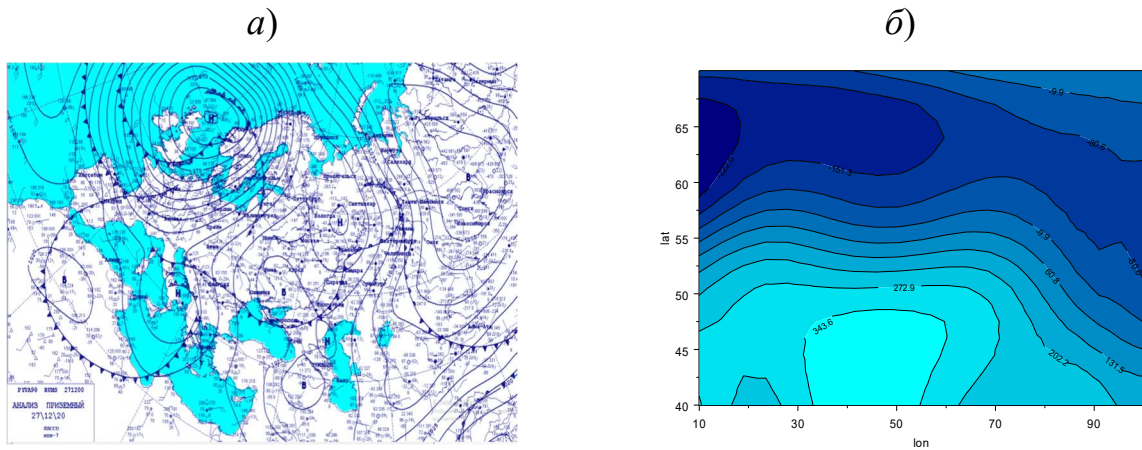


Рисунок 3.5 – Карта приземного аналізу *a)* та поле індексу блокування *б)* за 27.12.2020 р.

Від'ємні значення індексу, як бачимо, відповідають області значних градієнтів тиску на північному заході, що утворилися в результаті виходу північно-західного циклону та неможливості його подальшого переміщення на схід внаслідок блокуючого сибірського антициклону.

Територія України знаходиться під впливом гребеня цього антициклону та адвекції холоду з півночі (рис.3.6)

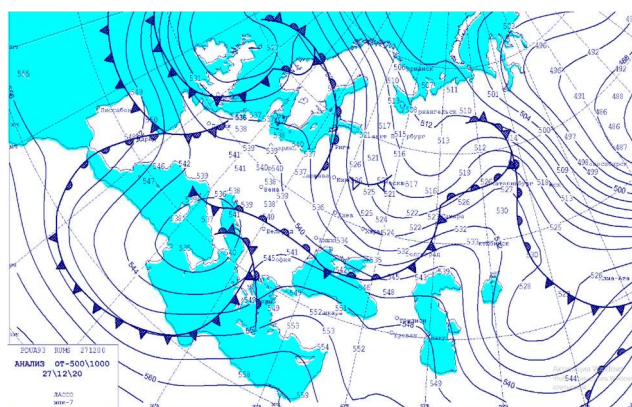


Рисунок 3.6 – Карта відносної топографії BT_{1000}^{500} і за 27.12.2020 р.

28.12.2020 р. північно-західний циклон змістився на територію України своєю передньою частиною, в результаті чого, погоду тепер визначає теплий його сектор з адвективними туманами на півдні країни та окремими зливами на півночі (рис. 3.7а).

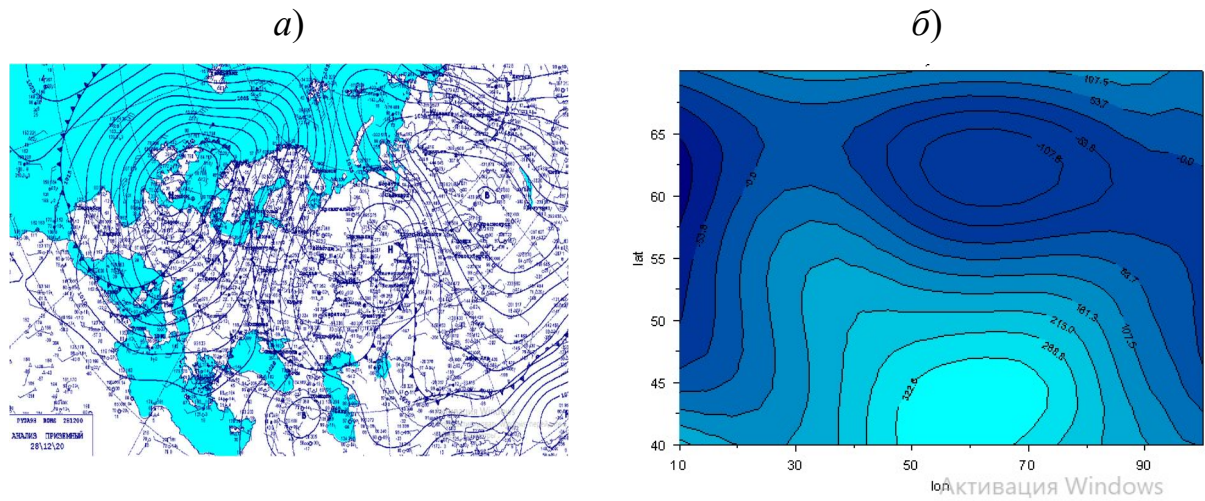


Рисунок 3.7 – Карта приземного аналізу та поле індексу блокування за 28.12.2020 р.

В наведеному прикладі цікавим є той факт, що індекси блокування, які показують потужність блокуючого процесу, тим нижчі (а, відповідно, процес більш інтенсивний) чим потужніший не антициклон, що є блокуючим, а циклон, який є заблокованим. Так, згідно наведеного випадку, мінімальні значення індексу відмічалися в день, коли тиск в центрі циклону був найнижчим (958,4 гПа), в центрі антициклону тиск складав 1060,8 гПа. В наступні дні (з 28.12.2020 р.) тиск в центрі циклону почав поступово підвищувати (997 гПа), в той час як в антициклоні зростав і надалі (1068,5 гПа). Індекс блокування при цьому поступово зростав, тобто процес блокування слабшав.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи можна зробити наступні висновки.

- За останнє десятиріччя збільшилася кількість сибірських блокуючих антициклонів на фоні зменшення їх тривалості. В той же час зменшилася кількість азорських та арктичних блокуючих антициклонів, тривалість залишилася приблизно однаковою.

- Аналіз явищ погоди, що відмічалися впродовж всього періоду дослідження показав, що найчастіше вони пов'язані з заблокованими циклонами та їх атмосферними фронтами, які деякий час стаціонарують над однією територією, проходять всі стадії і досить часто регенерують. Для території України це переважно південні циклони які або самостійно формуються над балканським півостровом та переміщуються до нас, або виникають в улоговині північно-західного циклону.

- В холодний період року додаються ще північно-західні циклони, які також стають заблокованими та змінюють погодні умови над територією України.

- Досить часто в літній період і дещо менша повторюваність в холодний – утворення смуги підвищеного тиску, яка утворюється в результаті об'єднання гребеня сибірського антициклону та азорського. В цьому випадку встановлюється погода відповідна сезону року (взимку морозна, влітку – спекотна).

- Розрахунок індексів блокування за обрані випадки показав залежність інтенсивності індексів від потужності заблокованого циклону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Голощак О.П. Западные и северо-западные блокирующие антициклоны и их взаимосвязь. Метеорология, климатология и гидрология 1999. №38. С. 176 -181.
2. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Климатический мониторинг процессов блокирования западного переноса в Северном полушарии. Метеорология и гидрология. 1991. № 8. С. 11-17.
3. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристова Л.Н. Статистический анализ сезонных индексов блокирования в Северном полушарии. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2003. Вып. 171. С. 127-150.
4. Ефимов В.А., Ивус Г.П. О физике антициклогенеза современной климатической эпохи. Труды УкрНИГМИ. 2002. Вып. 250. С. 78-91.
5. Ивус Г.П., Грушевский О.Н. Моделирование процессов устойчивого гребневого блокирования атмосферного влагооборота над Атлантико-Европейским сектором в современных климатических условиях. Культура народов Причерноморья. 2004. №56, т. 2 С. 12-15.
6. Мищенко Н.М. Просторово-часова структура аномалій поля опадів при блокуванні зонального перенесення. Український гідрометеорологічний журнал. 2009. Вип. 5. С.113-120.
7. Мищенко Н.М. Грушевский О.М. О некоторых физических механизмах эволюции блокирующего антициклона в период формирования аномальных погодных условий летом 2010 года. Український гідрометеорологічний журнал. 2012 р. Вип.11. С.41-49.
8. Попова В.В., Шмакин А.Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия. Метеорология и гидрология, 2006. Вып. №12. С. 15-25.
9. Тимачев В. Ф. Некоторые вопросы моделирования процессов блокировки над Северной Атлантикой. Труды ААНИИ. 1982. Т. 383

С. 96-106.

10. Хохлов В.М. Энергетика атмосферы. Конспект лекцій. Одеса. Екологія. 2008. 62 с.
11. Шаповалова Н.С. Процессы блокирования зональной циркуляции атмосферы. Метеорология и гидрология. 1985. № 5. С.
12. Шаповалова Н.С. Блокирующие образования в атмосфере. Труды ГМЦ СССР. 1991. Вып. 316. С. 68 – 73.
13. Arakava A., Schubert W.H. Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment P.I.J. Atm. Sci., 1974 №3, Vol. 31. P. 674-701.
14. Benney D.J. Long non-linear waves in fluid flows J. Math. And Phys., 1966. – Vol. 45. – P. 52-63.
15. Jung T. Systematic error in the ECMWF forecasting system // Q. J. Roy. Meteorol. Soc. 2005. No. 131 P. 1045-1073.
16. Long R.R. Solitary waves in the westerlies. // J. Atmos. Sci. 1964 Vol. 21, P. 197-200.

ДОДАТОК

Додаток А

Синоптичний матеріал

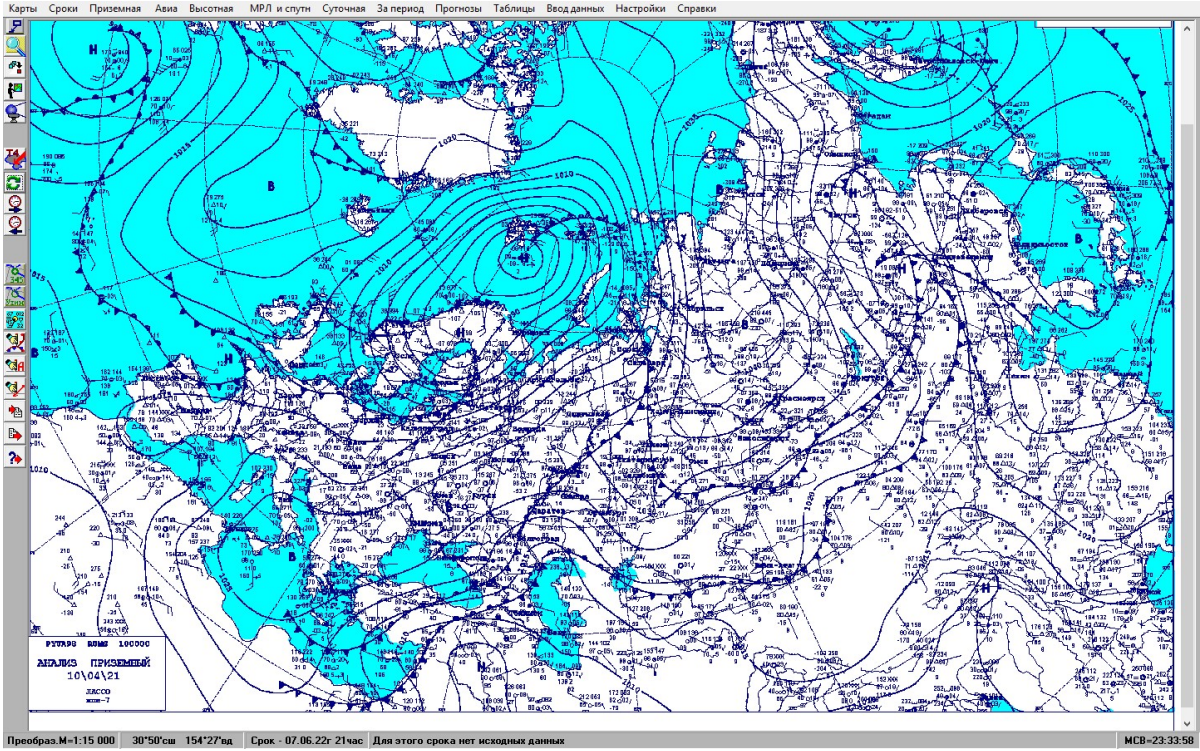


Рис. А.1 – Карта приземного анализа за 10.04.21р. за 00 СГЧ

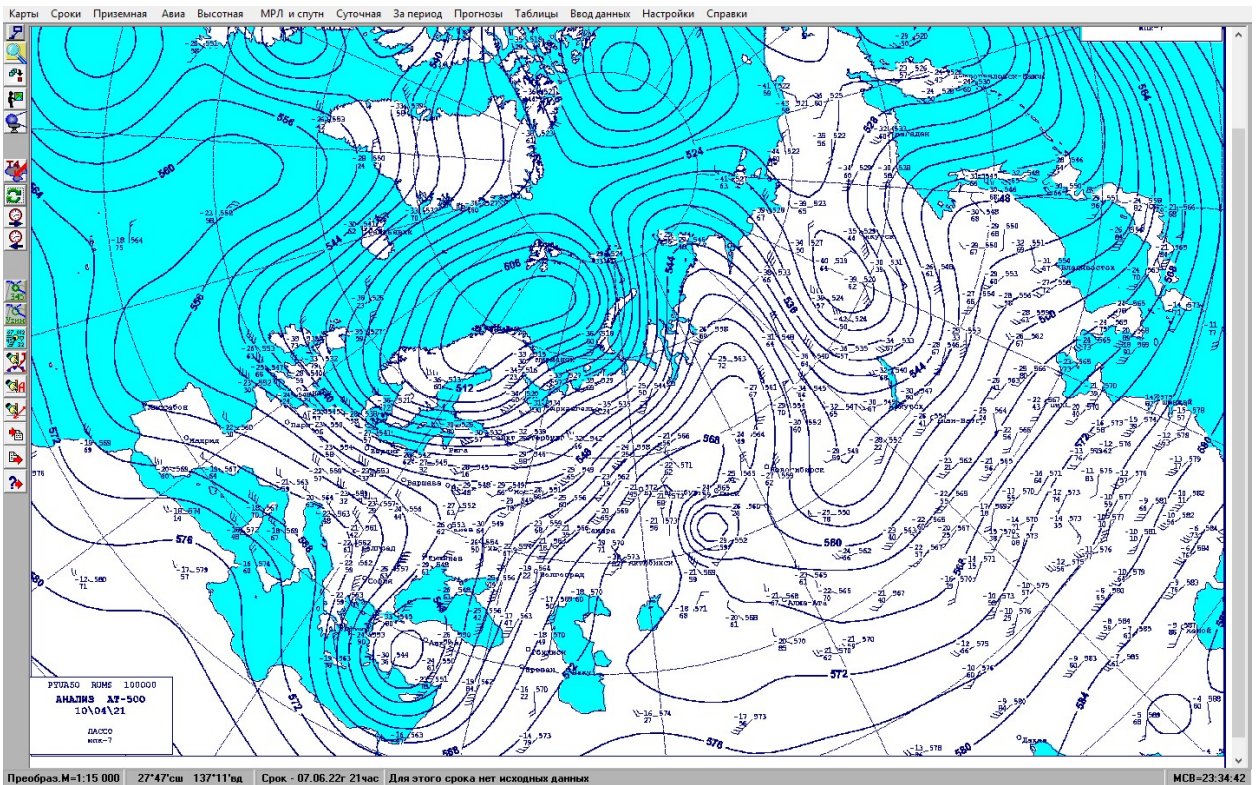


Рис.А.2 – Карта баричної топографії за 10.04.21 р. за 00 СГЧ

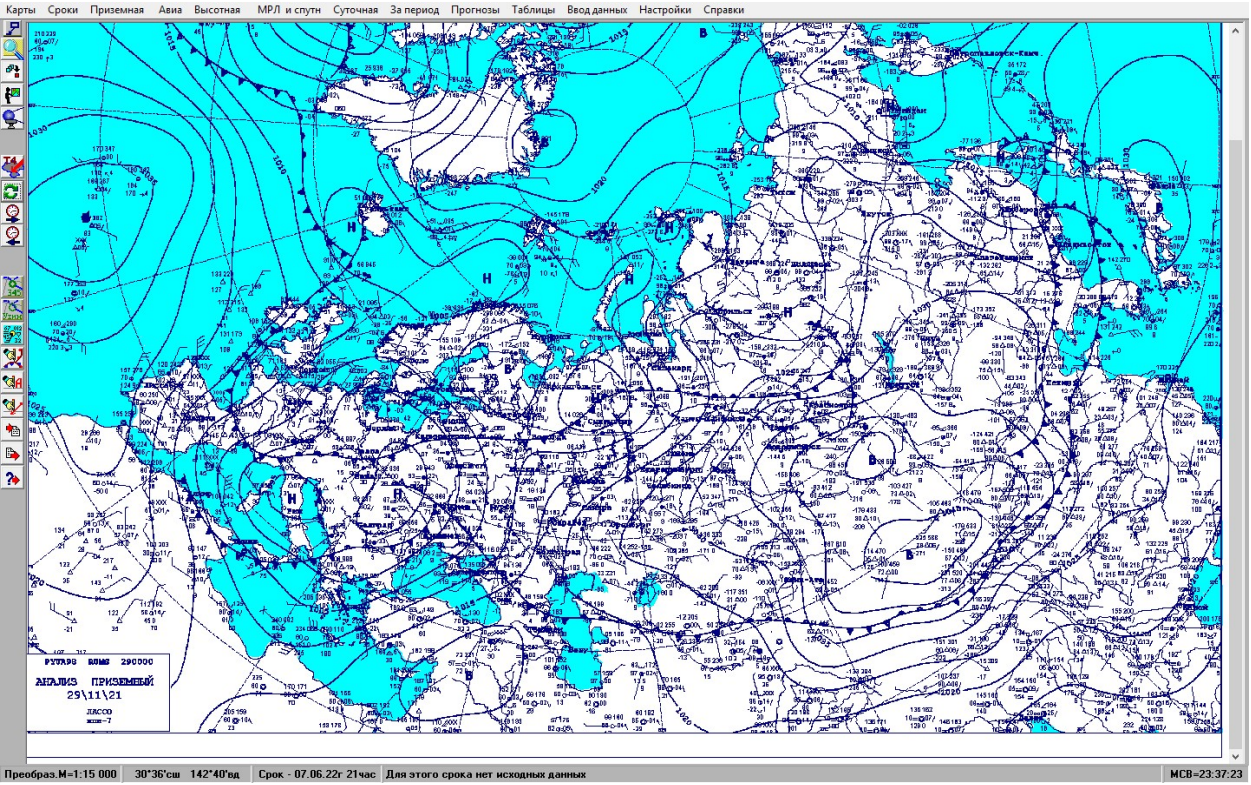


Рис. А.3 – Карта приземного аналізу за 29.11.21р. за 00 СГЧ

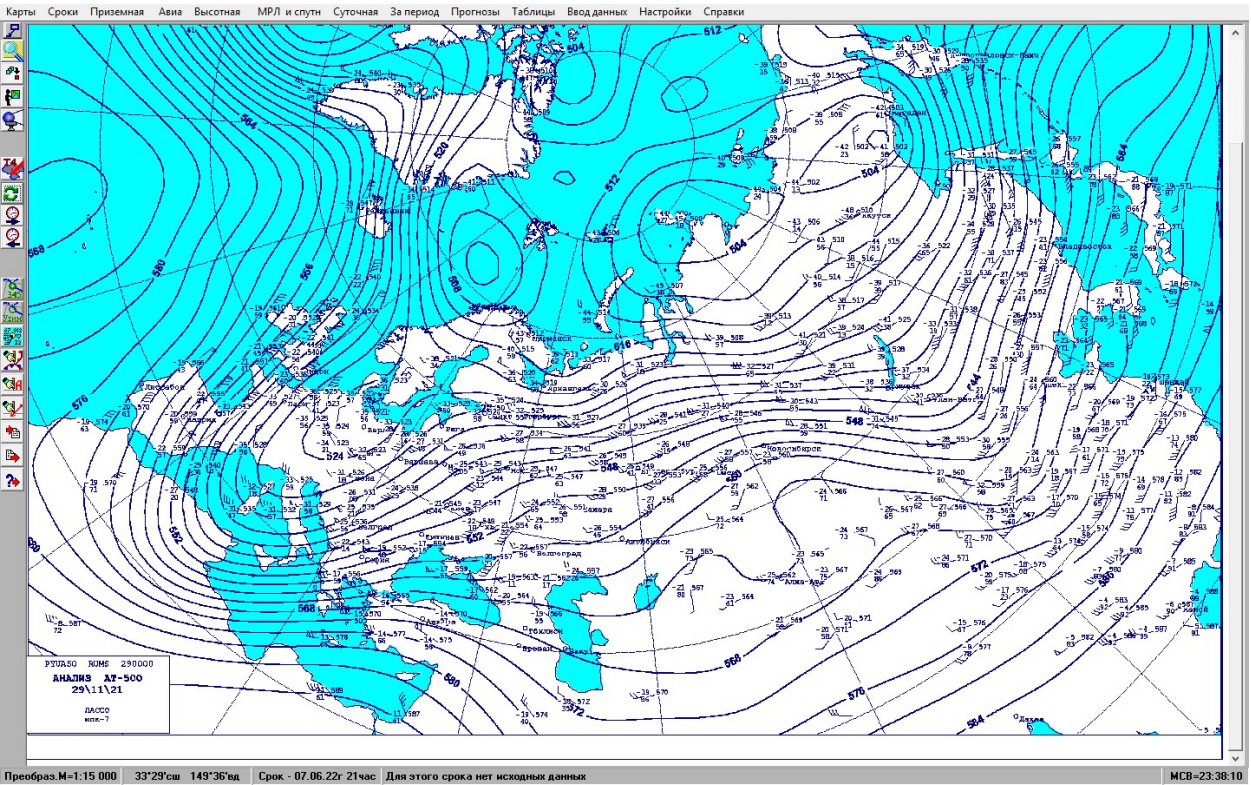


Рис.А.4 – Карта баричної топографії за 29.11.21р. за 00 СГЧ

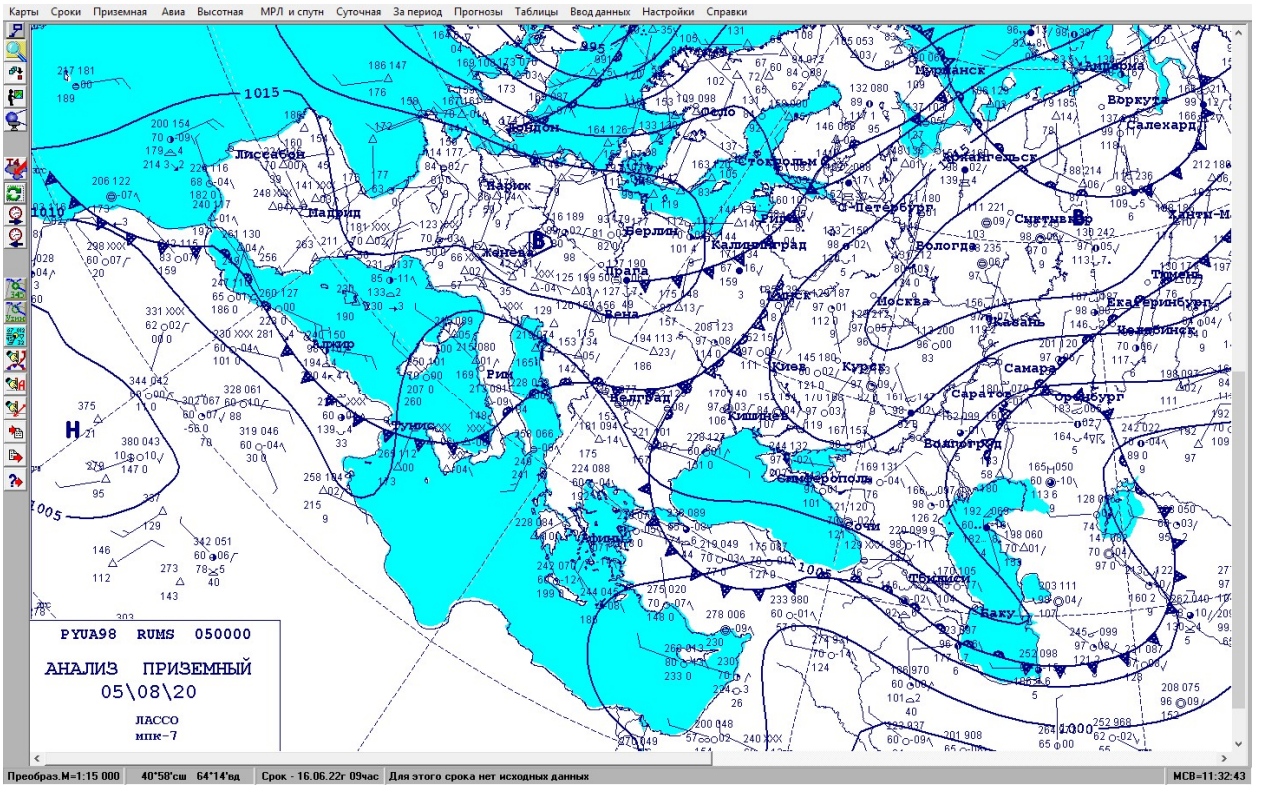


Рис. А.5 – Карта приземного анализу за 05.08.20 р. за 00 СГЧ

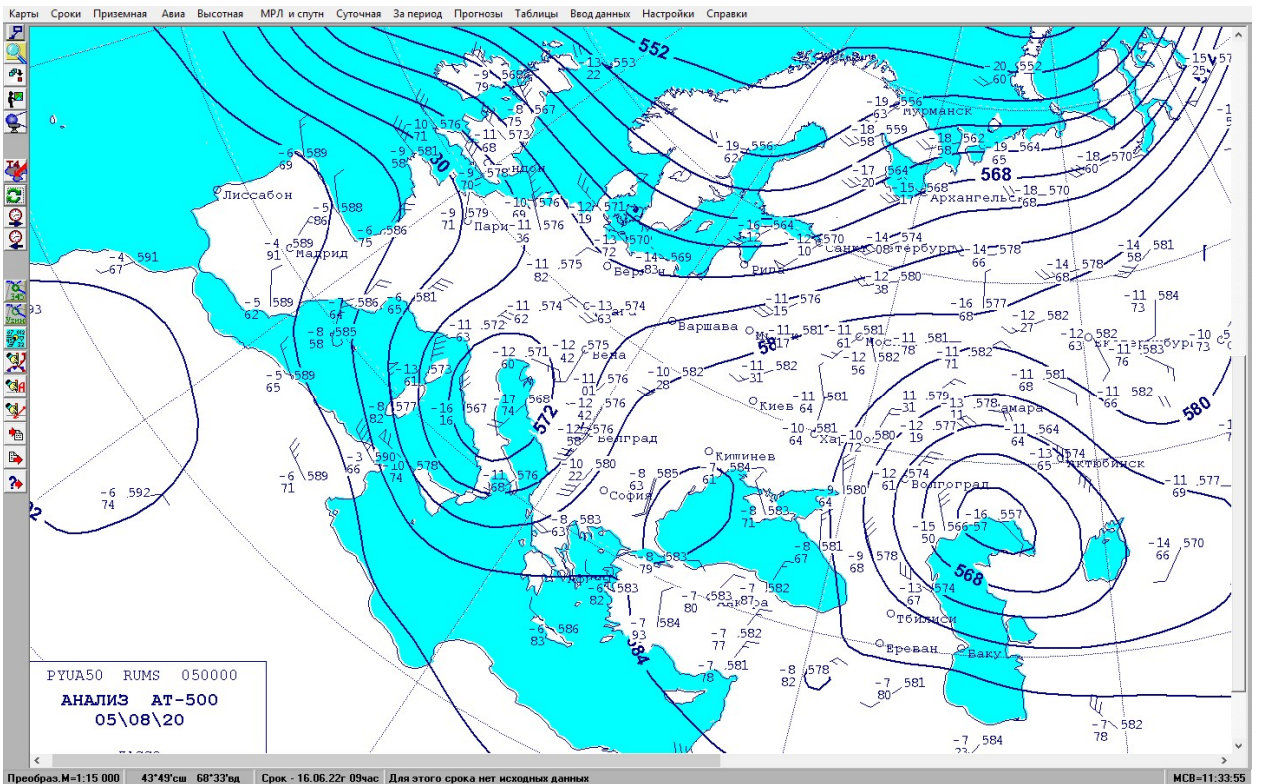


Рис.А.6 – Карта баричної топографії за 05.08.20 р. за 00 СГЧ