

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра метеорології та кліматології

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: „Умови блокування зональної течії над Східною Європою”

Виконала студентка 1 курсу гр. МСА-51а  
спеціальності 103- Науки про Землю  
спеціалізація Метеорологія та кліматологія  
Мачкалова Діана Олександрівна

Керівник д.геогр.н., проф.  
Семенова Інна Георгіївна

Рецензент к.геогр.н., доцент  
Овчарук Валерія Анатоліївна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення	Гідрометеорологічний інститут
Кафедра, циклова комісія	Кафедра метеорології та кліматології
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Спеціаліст
Спеціальність	103 - Науки про Землю
Спеціалізація	Метеорологія та кліматологія

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Івус Г.П.

“ 10 ” березня \_\_\_\_\_ 2017 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМІЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Мачкаловій Діані Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту „Умови блокування зональної течії над Східною Європою”

Керівник проекту Семенова Інна Георгіївна, д. геогр. н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 17 ” грудня 2016 року № 372с

2. Строк подання студентом проекту 01 червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту : сіткові щомісячні дані ре-аналізу NOAA NCEP-NCAR за зимові та літні місяці 1985-2015 рр.; дані щомісячного індексу ПАК та аномалій індексу ПАК за 1985-2015 рр.; перелік літературних джерел та методичної літератури для огляду.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) огляд літературних джерел щодо питань блокування зонального потоку, його визначення та чисельні критерії, а також північноатлантичне колювання та його вплив на погоду Європейського континенту; 2) аналіз аномалій геопотенціальних висот поверхні 500 гПа в зимовий та літній період в окремих точках, віднесених до району Уральських гір; 3) аналіз взаємозв'язку північноатлантичного колювання з аномаліями висотного поля тиску над Уралом.

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

Графіки часового ходу аномалій геопотенціальних висот поверхні 500 гПа і аномалій індексу північноатлантичного колювання в окремих точках в зимові (грудень, січень, лютий) та літні (червень, липень, серпень) місяці за період 1985-2015 рр.

## 6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 10 березня 2017 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			У %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд літературних джерел, написання розділів 1-2.	13.03 –31.03. 2017	95	Відмінно
2	Відбір сіткових даних та розрахунок аномалій висотного поля тиску з використанням щомісячних сіткових даних геопотенціальних висот поверхні 500 гПа. Підготовка та аналіз табличного матеріалу.	01.04 – 20.04. 2017	95	Відмінно
3	Аналіз аномалій Н-500 в окремих точках в зимовий та в літній періоди. Підготовка графіків часового ходу аномалій та їх аналіз. Написання розділу 3.	21.04 – 30.04. 2017	90	Відмінно
4	Атестація	03-08.04.17	93	Відмінно
5	Порівняльний аналіз часового ходу індексу північноатлантичного коливання та аномалій Н-500. Визначення статистичного зв'язку між цими параметрами. Написання розділу 4.	01.05 – 20.05. 2017	85	Добре
6	Складання висновків, оформлення тексту дипломного проекту.	21.05 – 31.05. 2017	87	Добре
7	Атестація	03-06.05.17	86	Добре
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>90</b>	<b>Відмінно</b>

Студент \_\_\_\_\_ Д.О. Мачкалова  
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ І.Г. Семенова  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Загальні поняття та ідентифікація блокуючих процесів в атмосфері... .	6
1.1 Типи блокування.....	6
1.2 Чисельна оцінка стану зонального потоку.....	9
1.3 Кліматологія блокування над Європою.....	12
2 Північноатлантичне коливання та його вплив на погоду Європи.....	15
3 Аналіз аномалій висотного поля тиску в районі Уральських гір за 1985-2015 рр.....	20
3.1 Вихідні дані та методика розрахунку аномалій Н-500.....	20
3.2 Аномалії геопотенціальних висот взимку.....	21
3.3 Аномалії геопотенціальних висот влітку.....	32
4 Аналіз взаємозв'язку Північноатлантичного коливання та коливань висотного поля тиску.....	45
Висновки.....	55
Перелік посилань.....	57
Додаток А.....	59

## ВСТУП

Вивчення процесів блокування є невід'ємною складовою загального комплексу заходів щодо реалізації стратегії з урахування екологічних та соціально-економічних наслідків від змін регіонального клімату і, як результат, формування такого розподілу метеорологічних величин, який призводить до суттєвих матеріальних втрат для народного господарства країн Європи. З блокуванням зональної течії пов'язані такі несприятливі погодні явища як посухи та суховії влітку, ультраполярні вторгнення з сильними морозами та снігопадами взимку. Для території Східної Європи важливою зоною з точки зору виникнення блокуючих процесів є район Уральських гір.

Широкий спектр досліджень щодо з'ясування основних механізмів цикло- і антициклогенезу, еволюції баричних утворень призвів до вагомого поліпшення якості прогнозів в останні десятиліття. Справджуваність прогнозів великомасштабної динаміки баричного поля на строк до трьох діб вже сягає 90% [9]. Але навіть при таких, вельми вражаючих результатах, зусилля, спрямовані на вдосконалення існуючих методик не знижуються.

Метою дипломного проекту є дослідження аномалій геопотенціальних висот середньої тропосфери в районі Уральських гір взимку та влітку, які можуть вказувати на наявність блокуючих ситуацій в атмосфері, та оцінка можливого зв'язку динаміки цих процесів з північноатлантичним колюванням.

Дипломний проект складається з чотирьох розділів, закінчується висновками та переліком використаної літератури із 30 найменувань. В першому розділі представлені теоретичні відомості про загальні поняття та ідентифікацію блокуючих процесів в атмосфері. В другому розділі розглянуті умови формування північноатлантичного колювання та його впливу на погоду Європи. В третьому розділі представлений аналіз динаміки аномалій висотного поля тиску в районі Уральських гір за 1985-2015 рр. В четвертому розділі розглянуто динаміку фаз північноатлантичного колювання (ПАК) за досліджуваний період та результати аналізу взаємозв'язку фаз ПАК з колюваннями у висотному полі тиску. Висновки містять стисле викладення основних результатів виконаного дослідження.

Дипломний проект виконаний на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом д.геогр.н., проф. Семенової І.Г.

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ БЛОКУЮЧИХ ПРОЦЕСІВ В АТМОСФЕРІ

## 1.1 Типи блокування

Блокуючі процеси, або як їх ще називають, квазістаціонарні режими, представляють собою тривалі структури атмосферної циркуляції і досить давно привертають до себе увагу дослідників [1] 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 викликають 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. [6] проаналізована типізація Аристова М.А. [1], 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. [6], 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 послаблених 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 стаціонарним антициклоном в визначених районах, мають велику повторюваність через 120 днів при зсуві за часом до 3 днів.

За напрямками траєкторій блокуючі антициклони розділені на три типи: східні, північно-західні і західні. Західні блокуючі антициклони (32% від загальної кількості) в свою чергу поділяються 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 частішої 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<sup>-1</sup>. 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) [6].

Досить часто спостерігається ситуація, коли із заходу на південно-східну Україну розповсюджується відріг Азорського антициклону, а зі сходу – Сибірського. Тоді від нульового меридіана до довготи 65-70° сх.д. 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). 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 [6].

На теперішній час існує досить велика кількість методів визначення процесів блокування, основаних на уявленнях про особливості розвитку синоптичних процесів при блокуванні. При цьому відсутність чіткого



визначення про сам процес блокування, єдиних методів аналізу, неспівпадіння періодів дослідження призвели до того, що досить важко провести узагальнення та порівняльний аналіз існуючих кліматологічних досліджень.

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 [15] 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  $45^\circ$  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 [15] виділяють два різні способи виявлення блокуючих процесів в атмосфері: перший – група методів оснований 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.

## 1.2 Чисельна оцінка стану зонального потоку

У різний час для комп'ютерної (об'єктивної) ідентифікації випадків блокування були запропоновані різні критерії, для яких загальним є їх локальний характер: для деякої величини, що характеризує особливості циркуляції, що зберігається в точці (вузлі сітки) протягом певного (досить тривалого) періоду часу, що перевищує заданий критичний рівень. В якості такої величини зазвичай береться якась функція геопотенціала деякої ізобаричної поверхні в середній тропосфері (зазвичай H500): аномалія  $\Delta H$  або нормована аномалія  $\delta H$ , поля  $H$  [2]. Перевагою такого підходу є його простота. Очевидних недоліків два. По-перше, критичні значення ( $t_{cr}$ ,  $X_{cr}$ ) повинні бути призначені, виходячи з якихось "зовнішніх" міркувань. По-друге, потрібен якийсь алгоритм для об'єднання одночасних випадків в окремих точках в

загальний "режим". Крім того, якщо більше одного такого "режиму" спостерігається одночасно, потрібно їх якось розрізняти. Таким чином, так чи інакше, необхідно переходити від "локальних" до "нелокальним" критеріям [3]. Таким критерієм може бути збереження географічного положення антициклону або гребеня протягом тривалого часу (що відповідає інтуїтивного поняття блокування). Для цього, в роботі [2] розроблений алгоритм ідентифікації та чисельного опису антициклонів (гребенів) за даними про геопотенціал.

Алгоритм визначає координати ( $\lambda$ ,  $\varphi$ ) центру антициклону, обмеженого замкнутої ізогипсою, площу (всередині зовнішньої обмежуючої ізогіпси), інтенсивність (різниця значень геопотенціала в центрі і на обмежуючий ізогіпси). Таким чином в роботі [2] надається сенс поняттю "збереження положення" - положення антициклону за послідовні терміни повинні мати спільну частину, тобто "накривати" спільну географічну область. Але, як зазначено в приведеній роботі, цього недостатньо, щоб антициклон "блукав" в окрузі цього середнього положення: він може рухатися в одному напрямку, ідучи далеко від початкового положення. Щоб уникнути цього, треба щоб центр антициклону не віддалявся значно від середнього положення за попередні терміни. У остаточному вигляді критерій приймає наступний вигляд. Надалі скорочено будемо називати такі режими випадками АКЦ (антициклонічною квазістаціонарною циркуляцією); іноді будемо говорити про "блокування", хоча, строго кажучи, класичне визначення блокування, дане Рексом [15], значно вужче.

Оскільки типовий блокуючий процес пов'язаний з областю високого тиску на широті  $60^\circ$  пн.ш. і низького тиску на широті  $40^\circ$  пн.ш. Лейенас і Окленд [4], використовуючи дану залежність, застосували різницю геопотенціальною висот між зазначеними широтами для створення довготного індексу блокування. При цьому довгота використовувалася як блокуюча, якщо індекс блокування був менше нуля незалежно від тривалості блокуючого процесу. Тібальді і Монтені [5], досліджуючи можливість відображати початок і тривалість ситуацій блокування, дещо змінили формулювання для індексу блокування. Для кожної точки сітки з координатами  $\varphi_i$ ,  $\lambda_i$  за методикою Тібальді і Монтені [5] індекс блокування розраховується за допомогою виразів:

$$GHGS = [Z(\varphi_0) - Z(\varphi_s)] / (\varphi_0 - \varphi_s); \quad (1.1)$$

$$GHGS = [Z(\varphi_N) - Z(\varphi_0)] / (\varphi_N - \varphi_0), \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned}
 \varphi_N &= \varphi_i^{\circ} \text{пн.ш.} + 15^{\circ} + \Delta, \\
 \varphi_0 &= \varphi_i^{\circ} \text{пн.ш.} + \Delta, \\
 \varphi_S &= \varphi_i^{\circ} \text{пн.ш.} + 15^{\circ} + \Delta, \\
 \Delta &= -5^{\circ}, 0^{\circ}, 5^{\circ}.
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

Довгота  $\lambda$  вважається блокуючою в будь-який строк, якщо хоча б для однієї  $\Delta$  виконуються обидва критерії:

$$GHGS > 0, \quad GHGN < 10 \text{ м/}^{\circ} \text{ довготи.} \tag{1.4}$$

Другий критерій вводиться для того, щоб виключити ситуації, при яких спостерігається зміщення зони струменевої течії далеко на південь і які, насправді, не описують блокуючий процес.

В роботі Груза–Коровкіна [21] був запропонований інший метод визначення стану та періодів блокування, який ґрунтується на аналізі висотного поля тиску.

В основу методу покладено відомий факт тривалого існування в процесі блокування малорухливого, високого гребеня або антициклону. Алгоритм об'єктивної ідентифікації блокування побудований на аналізі часових рядів відхилень геопотенціала H500 в вузлах регулярної сітки від середньо широтних значень - VLH.

Епізод блокування в точці визначається як відрізок тимчасового ряду VLH (t) довжиною VD, протягом якого позитивні значення VLH, що перевищують граничне значення C0, зберігаються не менше 7 днів (допускається дводенну перерву). Як C0 прийнято стандартне відхилення величин VLH - S. Для кожного випадку блокування в точці визначалися індивідуальні характеристики, основними з яких є тривалість та інтенсивність - сумарна для блоку величина перевищення значень VLH одного S.

Для розрахунків використовувалися щоденні дані геопотенціала H500 регулярної сітки з кроком 2,5 градуса з масивів реаналізу метеорологічних даних Національного центру передбачення навколишнього середовища / Національного центру досліджень (NCEP / NCAR). Для Європейського сектору запропоновано інший індекс визначення блокування зональної течії ECBI [23]. Регіональний індекс блокування атмосфери ECBI (European Continental Blocking Index) ґрунтується на спостереженнях усередненого по пентадах (5 днів) зонального вітру (u) на рівні 300 гПа в Європейському регіоні, обмеженому координатами 40-60° пн.ш., 10-60° сх.д., і розраховується за формулою

$$ECBI = -\frac{\bar{u}_{pt}}{\bar{u}_{cl}} + 1, \tag{1.5}$$

де  $\bar{u}_{pt}$  – осереднене за площею регіону поточне пентадне значення зональної компоненти швидкості вітру на рівні 300 гПа;

$\bar{u}_{cl}$  – осереднене за площею регіону кліматичне пентадне значення зональної компоненти швидкості вітру на рівні 300 гПа.

Якщо значення пентадного зонального вітру дорівнює кліматичній нормі, то індекс ЕСВІ дорівнює нулю. Якщо пентадний зональний вітер більше за кліматичне значення, індекс ЕСВІ < 0, що відповідає посиленому західно-східному перенесенню в атмосфері. Якщо швидкість пентадного зонального вітру менше за кліматичне значення, індекс ЕСВІ > 0, що відповідає стану блокування атмосфери. Значення індексу ЕСВІ, що близькі до +/-1, вказують на особливо інтенсивні випадки стану зонального потоку.

### 1.3 Кліматологія блокування над Європою

Найбільший вплив на регіональний розподіл аномалій і екстремумів температури на території Росії надає уральська область антициклонічних квазістаціонарних режимів (АКЦ). Для літнього сезону показано, що повторюваність позитивних екстремумів температури в північній частині Європейської Росії і Західному Сибіру переважно визначається наявністю уральської і карельської областей АКЦ. Повторюваність самих випадків АКЦ в останні десятиліття ХХ століття збільшувалася, але ця обставина компенсувалося зменшенням їх тривалості. Як наслідок, показано, що в області впливу уральської області АКЦ в цей період не відбулося збільшення повторюваності позитивних екстремумів температури, незважаючи на помітне зростання середньої температури в регіоні. Таким чином, питання про зміну повторюваності екстремумів температури при потеплінні повинен розглядатися індивідуально для різних регіонів і сезонів і у зв'язку зі зміною відповідних режимів атмосферної циркуляції.

У роботі Хохлова [24] з використанням індексів блокування Тібальді-Монтені була визначена повторюваність блокуючих процесів над Атлантико-Європейським регіоном. В роботі розглядалися процеси, тривалість яких становить 5 днів і більше. Аналіз повторюваності показує, що за досліджуваний період над розглянутою територією було 119 блокуючих ситуацій за період з 1.01.1998 по 31.12.2008 рр. Найбільш часто блокують процеси спостерігаються в північній (43) і північно-західній (30) частинах досліджуваної території, найменше їх кількість має місце в південно-західному

секторі. Часто блокують ситуації виникають в північно-східній (14) і в східній (14) частини досліджуваної області.

Аналіз повторюваності блокуючих ситуацій дає можливість визначити часовий розподіл досліджуваних ситуацій над розглянутою областю. Часовий розподіл показує, що максимальна кількість блокуючих ситуацій спостерігається в 2003 (15) і 2006 (13) роках.

Максимальне число днів з блокуванням становить 300 днів і їх вогнище збігається з місцем розташування з вогнищем максимуму кількості блокувань - північно-західний район досліджуваної території.

Слід зауважити, що і в північно-східній частині розглянутої області знаходяться осередки і за кількістю блокувань - 25 і по числу днів з блокуванням - 150.

Результатом досліджень є також визначення тривалості блокування. Максимальна тривалість блокування становить 21 добу. Середня тривалість блокування становить 6 - 7 діб на всій досліджуваній області, крім східного сектора, де вона дорівнює 7,6 доби. Найбільша кількість блокуючих процесів відбувається влітку, а найменше - в зимовий час.

У роботі Груза-Коровкіної [22] з використанням розробленого ними методу (див. П. 1.2) в Північній півкулі на широті  $60^\circ$  виділено два сектори активного блокування: європейський і північноамериканський. У першому з них найбільша тривалість блокування відзначається взимку і тільки в цей сезон район найбільш активного блокування розташований не на континенті, а в Атлантиці біля південного узбережжя Скандинавського півострова. Від зими до літа область активного блокування слабшає і зміщується в східному напрямку, досягаючи центральних районів європейської території Росії. Додатково влітку на заході Якутії формується вторинний максимум. Другий, північноамериканський сектор активного блокування на  $60^\circ$  пн. ш. припадає на західні райони Канади. У порівнянні з європейським сектором він характеризується більшою стійкістю - його зміщення на схід від зими до літа незначно. При цьому спостерігається збільшення тривалості блокування, і влітку її значення досягають максимуму в порівнянні з іншими сезонами, навіть кілька перевищуючи сумарну тривалість блокування в першому секторі. У всі інші сезони активність блокування в північноамериканському секторі суттєво менше, ніж в Європі.

Згідно з отриманими оцінками в деяких районах розглянутого 10-градусного широтного пояса в період 1951-2006 рр. виявляються істотні тренди сумарною тривалості блокування. Для зимових сезонів це позитивний тренд в районі активного антициклогенеза на заході Північної Америки (його внесок у сумарну дисперсію ряду  $D$  досягає 33%) і негативний тренд на сході Північної Америки ( $D = 23\%$ ). Для літніх сезонів спостерігається позитивний

тренд TD в південних районах Східного Сибіру ( $D = 24\%$ ). У перехідні сезони областей з істотним трендом сумарною тривалості блокування не виявлено. Можна відзначити лише позитивний тренд TD для весняних сезонів в невеликій області поблизу східного узбережжя Північної Америки, внесок якого в сумарну дисперсію ряду досягає 20%. Для осінніх сезонів ні в одній з точок величина  $D$  не досягає 15%.

## 2 ПІВНІЧНОАТЛАНТИЧНЕ КОЛИВАННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ПОГОДУ ЄВРОПИ

Клімат Землі впродовж ХХ століття мав значні зміни, які найбільш чітко проявилися в зростанні глобальної температури, що вплинуло на зміни великомасштабної циркуляції. Таким чином, зміна даного параметру призвело до зміни характеристик клімату окремих регіонів, таких як регіональна температура, кількість опадів, і звісно, зміна характеру та інтенсивності атмосферної циркуляції. В минулому віку мали місто три періоди з різним характером змін температури, однак загальна тенденція – її зростання [25].

Аномалії температури в значній мірі зв'язані із зміною характеру атмосферної циркуляції як над півкулею в цілому, так і над окремими регіонами. Особливе значення можуть придбати зміни в положенні та інтенсивності основних центрів дії атмосфери [27], які обумовлюють сезонні та річні напрями переносу повітряних мас. Над Європою в ХХ столітті сталися такі коливання в полі тиску [26]. В період первинного глобального потепління у холодний період року ісландський максимум локалізувався над Північною Атлантикою, а значна частина Європи знаходилась в смузі збільшеного тиску, утвореної гребенями азорського та сибірського максимумів. В період стабілізації спостерігалось розповсюдження улоговини ісландського максимуму взимку на Центральну Європу, в результаті чого спостерігався відступ гребеня сибірського максимуму до сходу та локалізація гребеня азорського антициклону над південно-західними районами Європи. В останньому періоді інтенсивного зростання температури у холодне півріччя спостерігається послаблення дії ісландського мінімуму та значного зсуву з заходу на схід систем збільшеного тиску, що призвело к зростанню тиску у південній половині Європи. Зміни приземної циркуляції спостерігалися і в теплий період року, але вони були виражені слабше. Найбільш помітна перебудова поля тиску сталася в останній період потепління і виразилася у розширенні на схід гребеня азорського максимуму. На території України зміни, які відбулися у циркуляції атмосфери призвели до того, що в кінці століття зими були теплими і дощовими, літо – прохолодним і дощовим [26].

Крім трендів, які спостерігалися у характері циркуляції, не можна не сказати про той факт, що атмосферні процеси стали більш нестійкими в часі, маючи на увазі зростання інтенсивності циркуляції. Кількісною мірою такої інтенсивності можуть бути різноманітні індекси або схеми телеконекції, найбільш простим з яких є градієнти тиску. Для процесів Європи відомим є

індекс Північноатлантичного колювання (ПАК), який відображає інтенсивність між широтного обміну, і який має достатньо вивчені фази колювань. Дослідження показують [28, 29], що мінливість атмосферної циркуляції, режим опадів і температури в атлантико-європейському секторі дійсно залежать від розташування та інтенсивності азорського максимуму та ісландського мінімуму. Зростання різності тиску між азорським антициклоном та ісландською депресією (додатна фаза ПАК, рис. 2.1) призводить до посилення західного зонального переносу, який приносить вологе морське повітря з районів Північної Атлантики на більшу частину Європи.

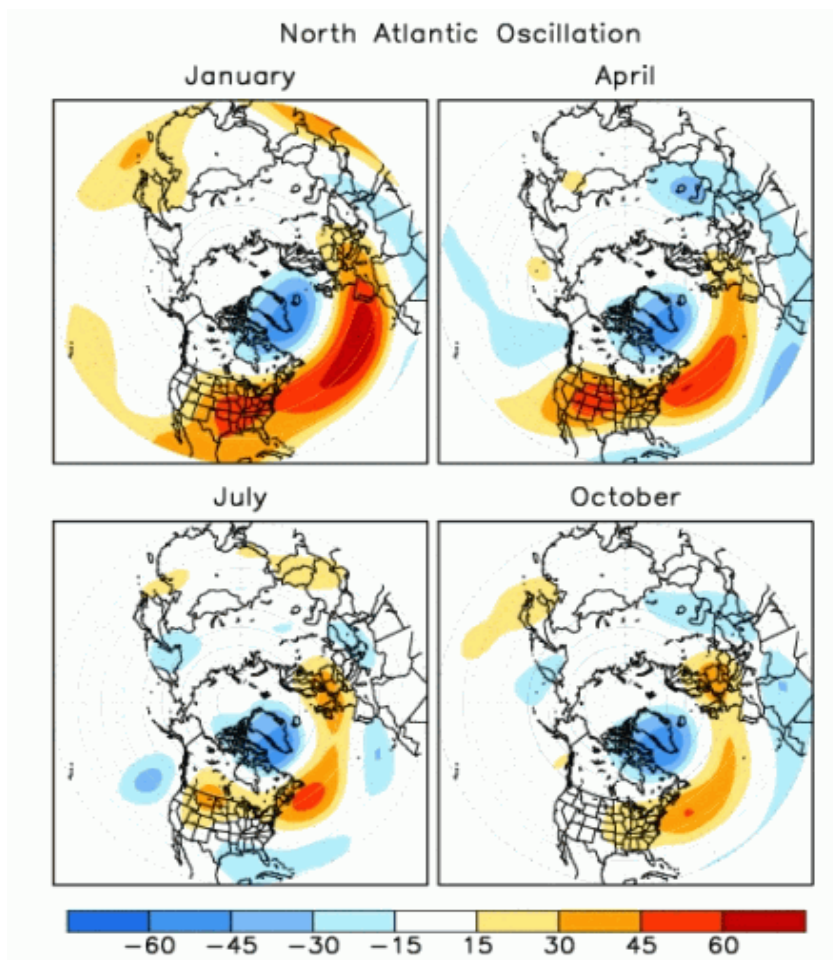


Рис. 2.1. Розподіл аномалій геопотенціальних висот при позитивній фазі ПАК в різні сезони року (джерело - [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao\\_map.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao_map.shtml))

Від'ємна фаза ПАК відповідає зменшенню градієнта тиску між центрами. Яскраво виражені додатні фази ПАК пов'язані зі зростанням температури на сході США та в північній Європі та температурами нижче норми у Гренландії та часто над півднем Європи та Середнім Сходом. Ці



фази також пов'язані зі збільшеною кількістю опадів над північною Європою і Скандинавією та зниженою кількістю над південною і центральною Європою [30]. Протилежна фаза аномалій температури та опадів типова для добре виражених від'ємних фаз ПАК. Протягом особливо тривалих фаз ПАК певного знаку, аномалії в полях тиску і температури часто розповсюджуються вглиб Європейської території Росії та в північні і центральні райони Сибіру.

Дослідження повторюваності фаз ПАК показують [28], що мають місце тривалі періоди, протягом яких домінує та чи інша фаза. Наприклад, в зимовий період від'ємна фаза ПАК домінувала у циркуляції з середини 1950-х років до зими 1978-79 рр. Протягом цього приблизно 24-х річного інтервалу існували періоди не менш 3 років кожний, коли від'ємна фаза домінувала, та додатна фаза майже була відсутня. Додатна фаза протягом цього періоду спостерігалася у середньо сезонних значеннях тільки три рази, і вона ніколи не спостерігалася в двох послідовних роках. Швидкий перехід до додатної фази ПАК відбувся протягом зими 1979-80 рр., і атмосфера залишалася в цьому стані до зимового сезону 1994-95 рр. (рис. 2.2).

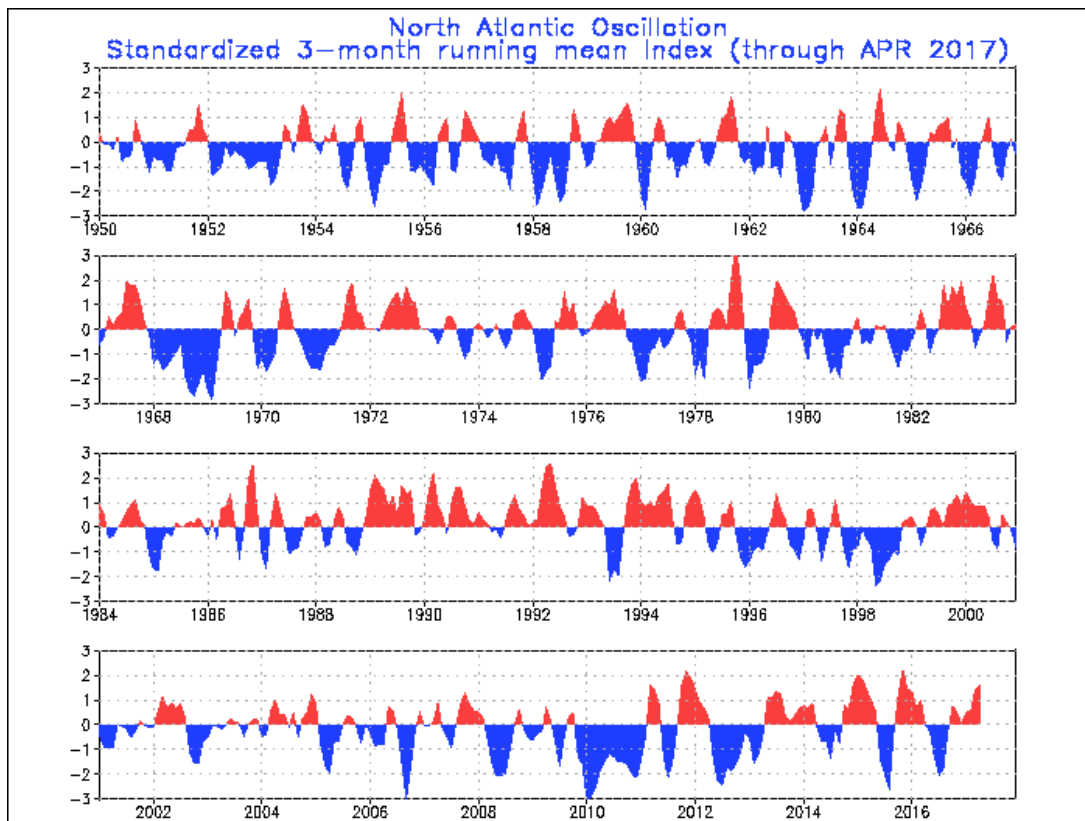


Рис. 2.2. Часовий хід індексу Північноатлантичного коливання (ПАК) за період 1950-2017 рр. (джерело - [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao\\_ts.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao_ts.shtml))

Протягом цього 15-ти річного інтервалу стійка від'ємна фаза ПАК з'являлася лише двічі, взимку 1984-85 та 1985-86 рр. Період з листопада 1995 р. до лютого 1996 р. характеризувався повертанням від'ємної фази ПАК [30]. Останні роки ХХ століття відмічені різкими внутрішньо сезонними змінами фаз ПАК. Перше десятиліття ХХІ століття, як можна бачити на рис. 2.2, відзначилося досить високою повторюваністю негативної фази ПАК.

Крім широко відомого коливання ПАК, знаходяться і інші виражені осередки аномалій в полях тиску і температури, які зв'язані між собою і мають певну періодичність в часі та просторі. Таким чином [28], для території Європи протягом усього року, за винятком літніх місяців, відмічається появлення двох- або трьох-осередкової аномалії East Atlantic/ West Russia (EATL/WRUS). Взимку є два головних центра аномалій, локалізованих над Каспійським морем (від'ємна аномалія) та Західною Європою (додатна аномалія) (рис. 2.3).

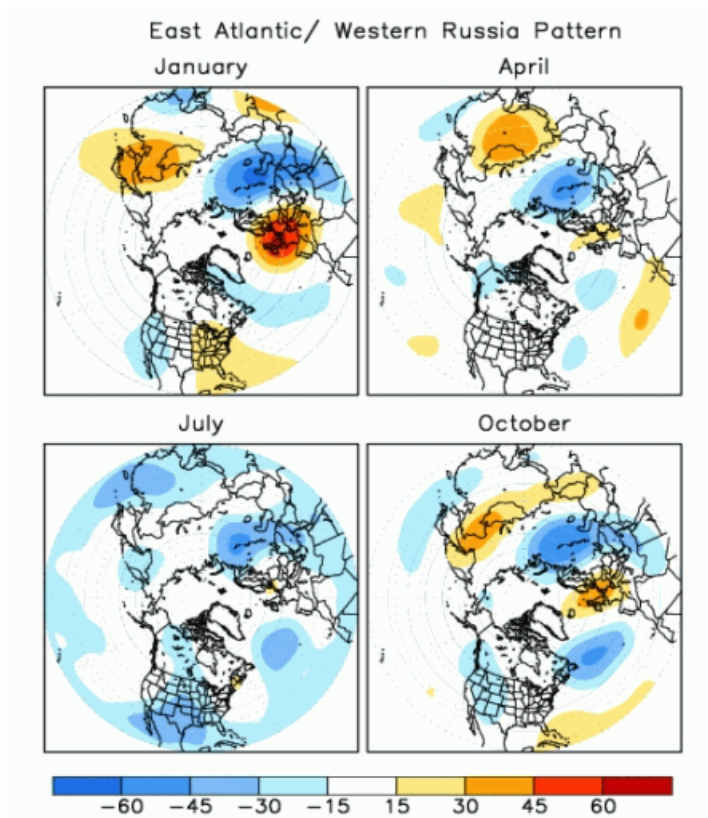


Рис. 2.3. Розподіл аномалій геопотенціальних висот при позитивній фазі EATL/WRUS в різні сезони року (джерело - [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/eawruss\\_map.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/eawruss_map.shtml))

Трьох-осередкова модель проявляється у весняний та осінній сезони, з двома центрами аномалій протилежних знаків, локалізованих над заходом північним-заходом Росії і над північним-заходом Європи. Третій центр,

такого ж знаку, що і над Росією, локалізовано над узбережжям Португалії весною, і в районі Ньюфаундла восени.

Найбільш значимі і протяжні від'ємні фази, які з'являються взимку та ранньою весною, (як наприклад, у 1969-70, 76-77 і 77-79 рр.). Додатні фази у загальному випадку виражені менше. Найбільш показовим випадком є зима 1992-93 рр., коли від'ємні аномалії геопотенційних висот і тиску спостерігалися по всій західній та південно-західній Росії, додатні супроводжувалися більш вологими і теплими умовами у зрівнянні з нормальними над більшою частиною Скандинавії в північному-заході Росії, і більш холодними та сухими у зрівнянні з нормальними умовами над сходом Середземного моря і Середнім Сходом. Про формування осередку аномалій над Східною Європою говорять і дослідження, в яких переважає полу підвищеного тиску і навіть формування окремого кліматичного центру у приземному полі над територією України у останні 20 років. Така перебудова призвела до того, що на кінець ХХ століття підвищення температури взимку по Україні склало  $2^{\circ}\text{C}$ , у той же час температура літнього сезону знизилася на  $1^{\circ}\text{C}$ .

Часовий хід цього параметра EA/WA представлений на рис.2.4 (дані отримані з [9]). Поряд з короткими періодами коливань, які відражають динаміку центрів дії протягом року, у тренді маються довгі періоди коливання протяжність, яких порядку 100 місяців (8,3 року), тоді як для ПАК цей період складає близько 15-16 років.

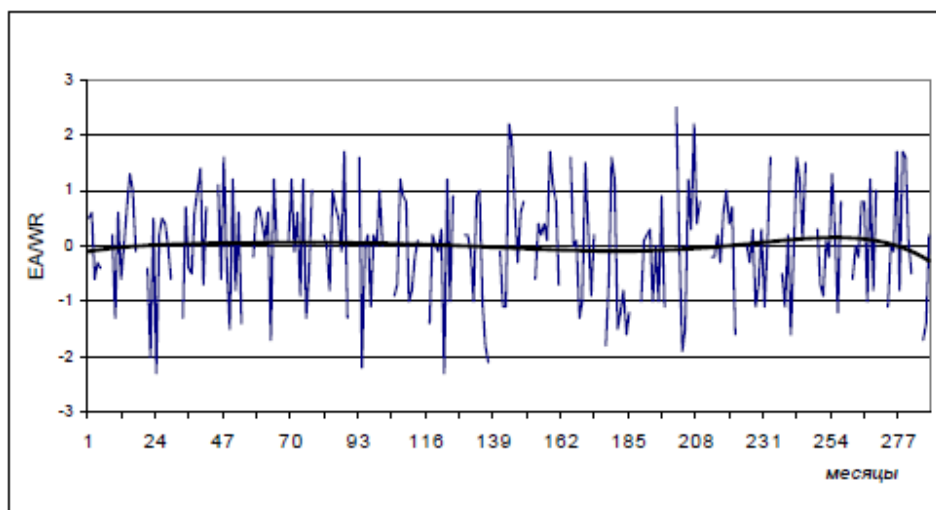


Рис.2.4. Індекс коливання між центрами у Східній Атлантиці (EA) та заходом Росії (WR) за період 1980-2003 рр. (сгладжена лінія – тренд) [9]

### 3 АНАЛІЗ АНОМАЛІЙ ВИСОТНОГО ПОЛЯ ТИСКУ В РАЙОНІ УРАЛЬСЬКИХ ГІР ЗА 1985-2015 РР.

#### 3.1 Вихідні дані та методика розрахунку аномалій Н-500

В якості вихідних матеріалів взяті дані ре-аналізу NOAA NCEP-NCAR. Вони представлені щомісячними сітковими полями геопотенціальної висоти поверхні 500 гПа з кроком 2,5 x 2,5, строк 12 СГЧ. Дані отримані та попередньо оброблені (середнє вздовж широти в секторі 0-90° сх.д.) за допомогою бібліотеки даних Колумбійського університету.

Для аналізу аномалій Н-500 в 6 точках (60° пн.ш.-57,5° сх.д., 60° пн.ш.-60° сх.д., 60° пн.ш.-62,5° сх.д., 65° пн.ш.-57,5° сх.д., 65° пн.ш.-60° сх.д., 65° пн.ш.-62,5° сх.д.) (рис. 3.1) була розрахована у кожному році та місяці різниця геопотенціальних висот з середньо широтною величиною на тій самій широті (60 або 65° пн.ш.). По розрахованих аномаліях побудовані та проаналізовані графіки часового ходу аномалій по всіх шести точках для зимового (грудень-лютий) та літнього (червень-серпень) сезонів періоду 1985-2015 рр.



Рис. 3.1. Схема розташування точок розрахунку в районі Уралу

### 3.2 Аномалії висот геопотенціалу взимку

Результати розрахунків аномалій геопотенціальних висот в зимові місяці протягом періоду 1985 – 2015 рр. представлено у табл. 3.1-3.2.

Таблиця 3.1 – Відхилення геопотенціальних висот Н-500 (гп.м) на широті 60° пн.ш. в трьох точках протягом зимового періоду 1985-2015 рр.

Роки	60° пн.ш.-57,5° сх.д.			60° пн.ш.-60° сх.д.			60° пн.ш.-62,5° сх.д.		
	Грудень	Січень	Лютий	Грудень	Січень	Лютий	Грудень	Січень	Лютий
1985	49,1	69,6	-15,9	44,1	64,0	-23,0	39,0	57,8	-28,1
1986	133,0	-24,6	46,6	139,9	-25,2	45,0	145,3	-26,1	42,4
1987	127,6	135,8	31,4	123,5	130,4	29,4	118,4	124,2	28,3
1988	75,2	-57,8	-144,4	68,6	-52,1	-145,1	61,3	-47,0	-141,7
1989	113,8	129,9	66,7	117,8	136,7	70,8	121,4	141,2	74,6
1990	-47,6	95,2	-53,7	-37,7	95,5	-49,7	-26,8	95,8	-43,0
1991	78,8	154,7	-36,8	76,1	157,0	-28,6	73,6	156,7	-19,9
1992	-14,5	131,9	35,8	-5,3	133,6	28,9	3,4	133,2	23,7
1993	-35,1	103,9	73,7	-34,0	104,2	76,8	-30,9	103,2	79,2
1994	22,5	36,4	158,9	31,0	34,0	170,7	38,5	32,1	179,6
1995	113,9	-122,6	28,0	118,1	-123,7	20,0	121,3	-122,9	11,8
1996	24,1	-61,2	-11,3	26,3	-45,2	-12,1	29,8	-29,2	-12,7
1997	64,9	199,2	106,5	75,2	202,1	109,8	85,1	202,5	112,3
1998	43,4	-36,7	221,3	47,1	-41,1	221,4	50,6	-44,1	219,9
1999	1,8	30,4	-26,0	-1,8	29,6	-36,1	-4,0	28,2	-45,2
2000	34,9	59,6	62,9	42,4	52,9	59,4	50,2	47,7	55,1
2001	-43,7	-2,6	57,4	-50,7	4,5	56,7	-54,4	13,5	55,9
2002	93,8	126,2	17,5	97,4	129,8	14,1	99,9	131,6	11,5
2003	11,1	105,9	32,5	12,0	103,3	44,5	13,0	99,9	54,2
2004	10,9	-101,5	1,1	10,3	-103,0	0,0	10,8	-101,9	0,0
2005	-65,1	-59,8	-99,5	-71,3	-62,3	-89,3	-75,8	-62,6	-76,3
2006	78,9	24,2	-10,5	83,3	38,0	-17,6	86,4	52,8	-23,6
2007	-31,3	56,7	121,9	-19,5	45,9	124,7	-8,6	35,0	127,6
2008	-162,8	-105,1	50,3	-154,1	-103,1	50,7	-143,9	-100,8	50,6
2009	39,9	21,7	-71,5	51,2	24,3	-59,9	63,8	26,8	-45,9
2010	-45,3	-49,0	-43,1	-40,9	-50,8	-24,4	-34,1	-53,3	-3,4
2011	-88,6	-67,7	53,4	-95,0	-79,4	56,4	-99,0	-89,6	59,9
2012	-109,9	-157,7	-148,3	-103,0	-161,6	-156,5	-94,0	-162,5	-162,3
2013	63,1	103,0	-55,5	67,2	109,3	-44,7	69,6	114,7	-33,3
2014	35,9	49,6	-46,1	35,4	59,7	-26,2	34,2	68,0	-7,3
2015	71,0	73,9	-24,4	73,1	80,9	-17,7	74,9	86,8	-10,4

У грудні (рис. 3.2) на  $60^{\circ}$  пн.ш.-  $57,5^{\circ}$  сх.д. протягом періоду 1985-2015 рр., максимальне значення аномалії Н-500 спостерігалось у 1986 р. (133 гп. м), а мінімальне – у 2008 р. (-162,8 гп. м). Дивлячись на лінію тренду на рис. 3.2 можна стверджувати, що значення аномалії в даній точці протягом досліджуваного періоду зменшувались.

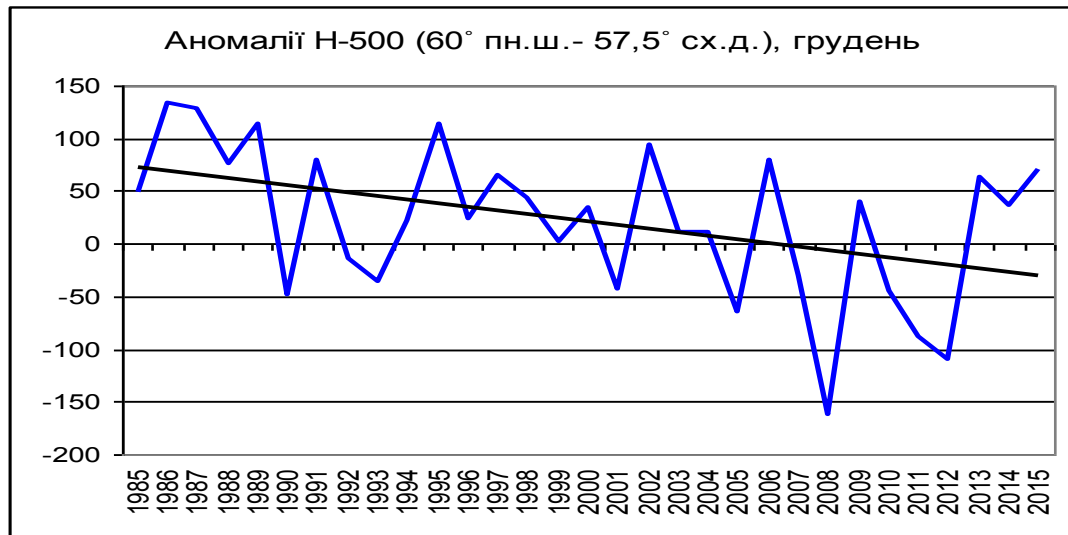


Рис. 3.2. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці ( $60^{\circ}$  пн.ш.-  $57,5^{\circ}$  сх.д.) у грудні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення аномалії Н-500 у січні (рис. 3.3) протягом розглядаємого періоду спостерігалось у 1997 р. (199,2 гп. м), мінімальне – у 2012р. (-157,7 гп. м). За лінією тренду значення зменшувались (рис. 3.3).

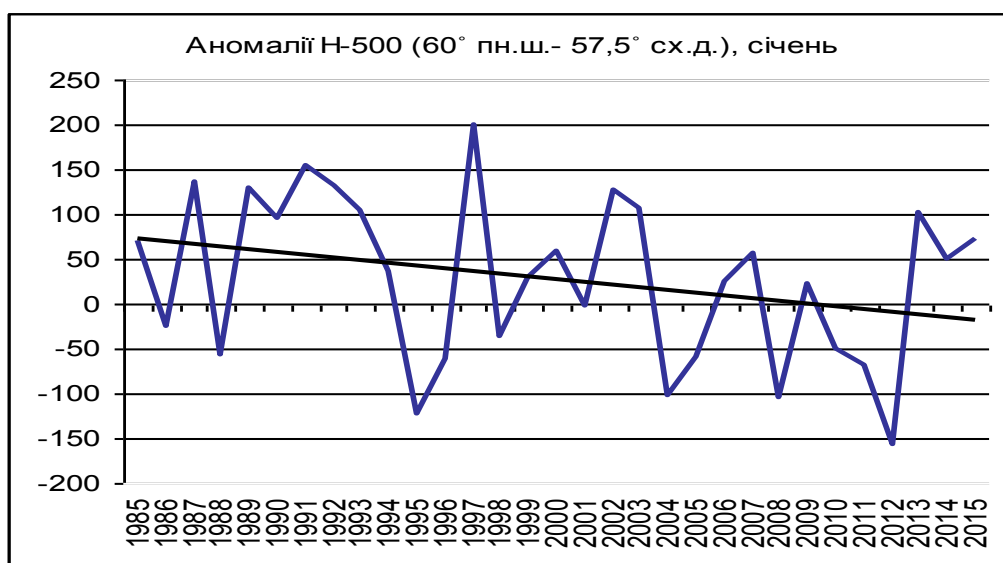


Рис. 3.3. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці ( $60^{\circ}$  пн.ш.-  $57,5^{\circ}$  сх.д.) у січні за період 1985-2015 рр.

У лютому (рис. 3.4) максимальне значення відмічається у 1998 р. (221,3 гп. м), а мінімальне у 2012р. (-148,3 гп. м). Лінія тренду вказує на зменшення аномалій протягом періоду, але з меншою швидкістю, ніж в грудні та січні (рис. 3.4).

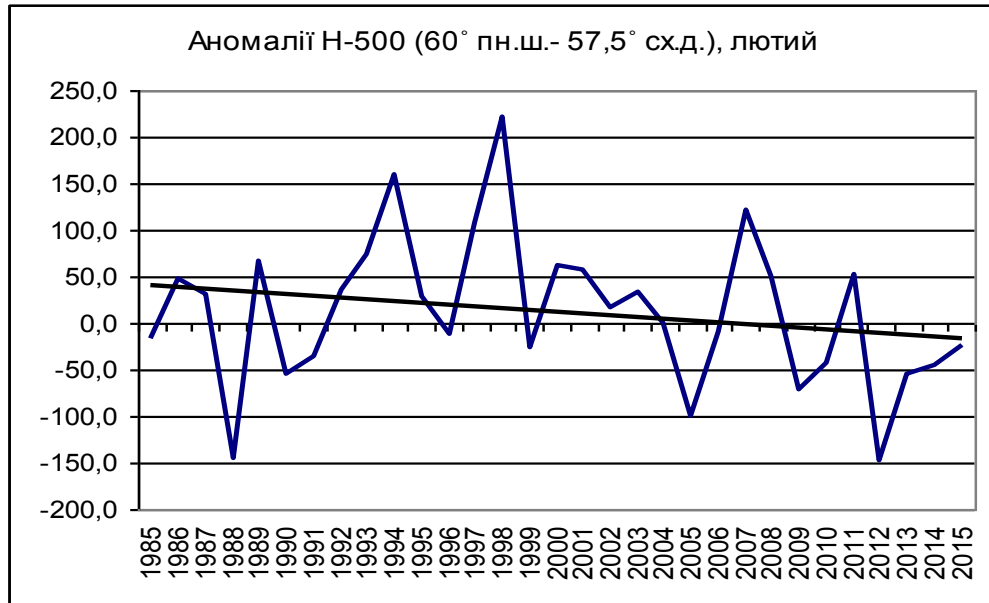


Рис. 3.4. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.- 57,5° сх.д.) у лютому за період 1985-2015 рр.

У грудні (рис. 3.5) протягом періоду максимальне значення аномалії Н-500 в районі 60° пн.ш.-60° сх.д. спостерігалось у 1986 р. (139,9 гп. м), а мінімальне – у 2008 р. (-154,1 гп. м). За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

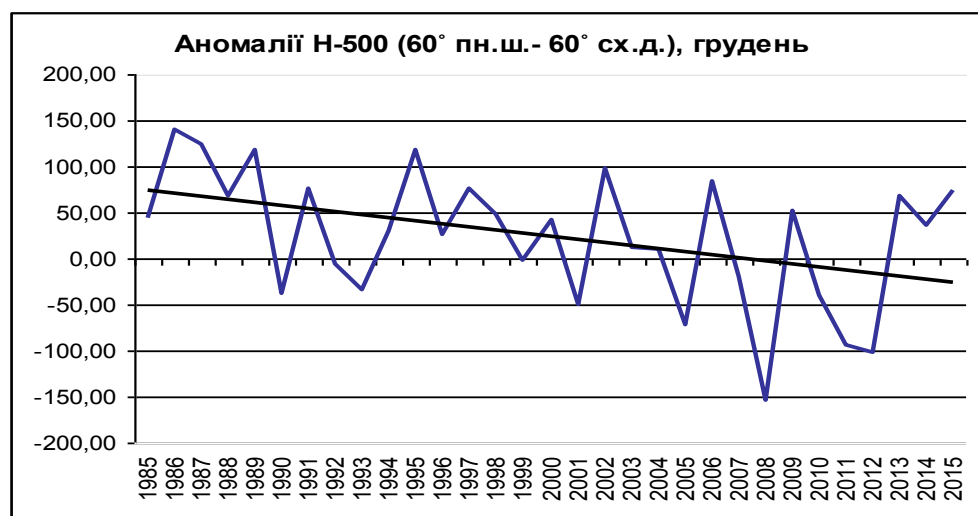


Рис. 3.5. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-60° сх.д.) у грудні за період 1985-2015 рр.

У тому ж районі за цей час у січні (рис. 3.6) максимальна аномалія відмічалась у 1997 р. (202,1 гп. м), мінімальна – у 2012 р. (-161,6 гп. м). За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

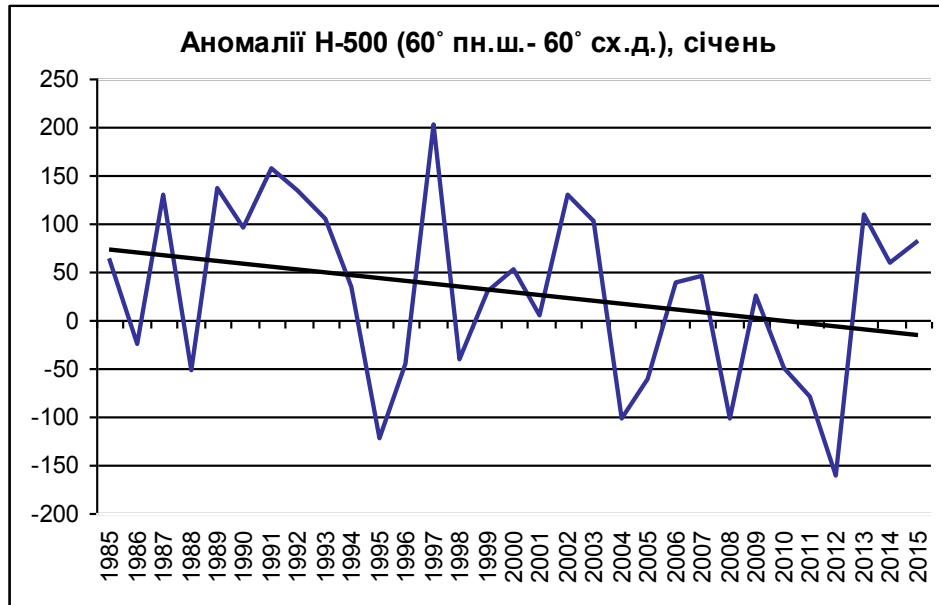


Рис. 3.6. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-60° сх.д.) у січні за період 1985-2015 рр.

Максимальна аномалія Н-500 (60° пн.ш.- 60° сх.д.) у лютому (рис. 3.7) спостерігалась у 1998 р. (221,5 гп. м), а мінімальне значення так, як і у січні у 2012 р. (-156,5 гп. м). Аномалія за лінією тренда зменшувалась, також з меншою швидкістю ніж в попередні місяці.

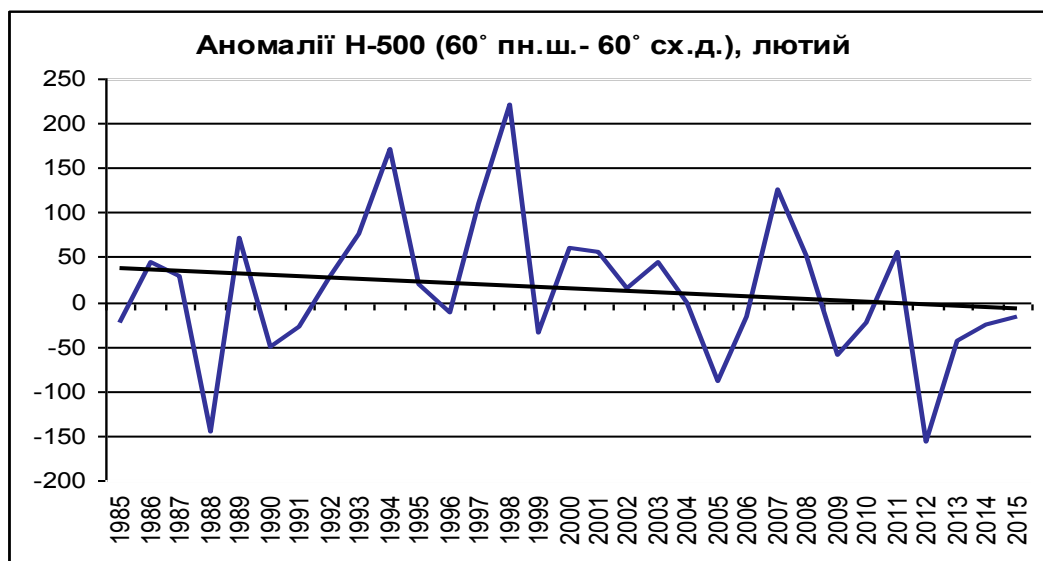


Рис. 3.7. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-60° сх.д.) у лютому за період 1985-2015 рр.



Максимальне значення аномалії Н-500 ( $60^{\circ}$  пн.ш.- $62,5^{\circ}$  сх.д.) у грудні (рис. 3.8) спостерігалось в 1986р. (145,3 гп. м), мінімальне значення у 2008 р. (-143,9 гп. м). За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

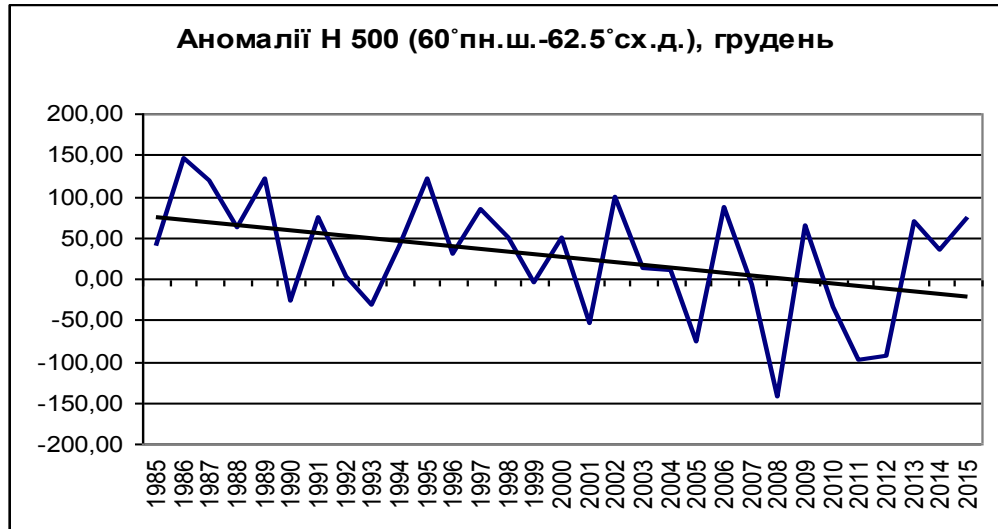


Рис. 3.8. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці ( $60^{\circ}$  пн.ш.- $62,5^{\circ}$  сх.д.) у грудні за період 1985-2015 рр.

У 2012 р. спостерігалось мінімальне значення аномалії, як у січні (рис. 3.9) (-162,5), так і у лютому (рис. 3.10) (-162,3 гп. м). Але максимальні значення спостерігалися у різних роках: у січні в 1997 р. (202,5 гп. м), а у лютому в 1998 р. (220 гп. м). В обох випадках значення аномалій геопотенціальних висот за лінією тренду зменшувалась.

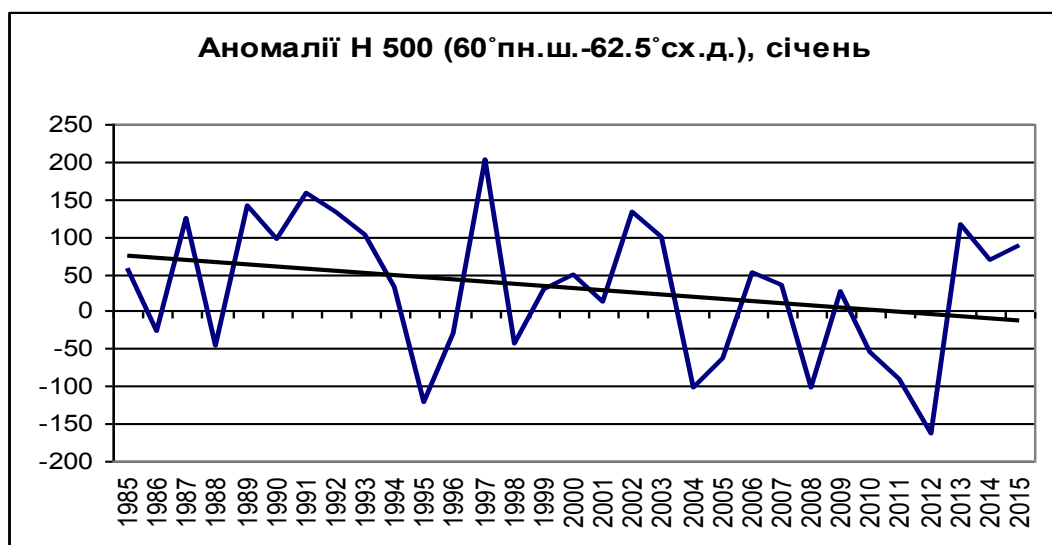


Рис. 3.9. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці ( $60^{\circ}$  пн.ш.- $62,5^{\circ}$  сх.д.) у січні за період 1985-2015 рр.

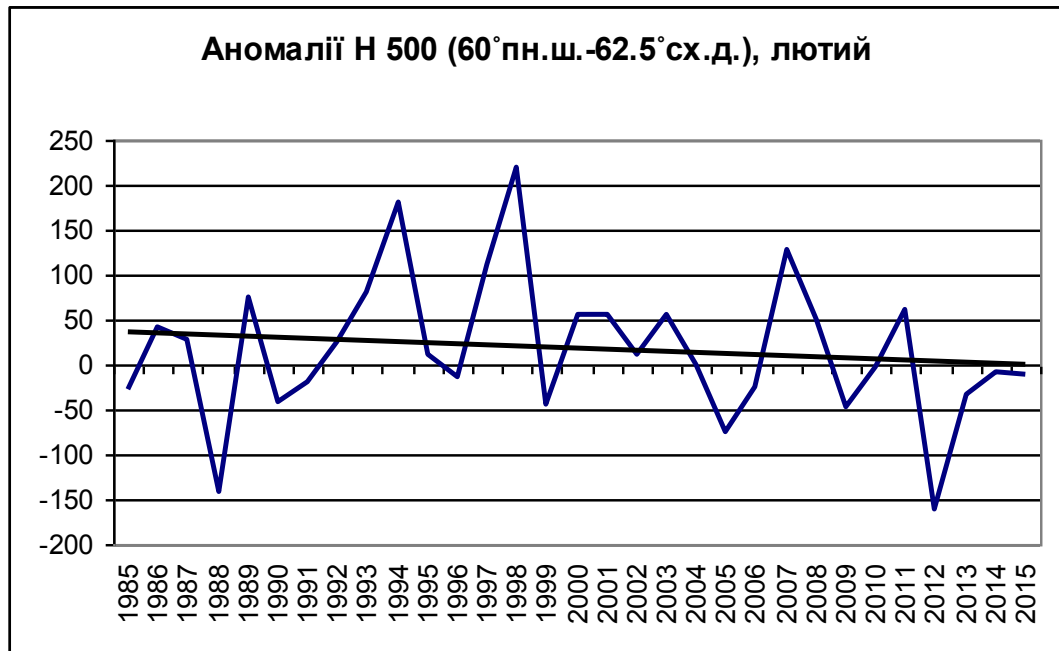


Рис. 3.10. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-62,5° сх.д.) у лютому за період 1985-2015 рр.

Також були розраховані значення відхилень геопотенціалу в зимові місяці, ще за трьома районами (табл. 3.2) з шістьох, які розглядаються у даній роботі протягом 1985-2015 рр. Ці три райони поділені за широтами: 65° пн.ш.-57,5° сх.д.; 65° пн.ш.-60° сх.д.; 65° пн.ш.-62.5° сх.д.

Таблиця 3.2 – Відхилення геопотенціальних висот Н-500 (гп.м) на широті 65° пн.ш. в трьох точках протягом зимового періоду 1985-2015 рр.

Роки	65° пн.ш.-57,5° сх.д.			65° пн.ш.-60° сх.д.			65° пн.ш.-62,5° сх.д.		
	Грудень	Січень	Лютий	Грудень	Січень	Лютий	Грудень	Січень	Лютий
1985	60,23	114,55	-30,08	53,10	111,84	-33,29	46,39	109,39	-36,04
1986	129,13	-26,12	71,71	140,32	-25,19	76,74	150,65	-23,96	80,35
1987	153,97	122,52	77,64	151,90	127,59	75,42	149,13	132,10	74,14
1988	76,02	-59,61	-139,85	73,15	-50,83	-138,12	69,19	-42,12	-132,33
1989	130,32	116,65	76,03	135,13	122,97	79,46	140,03	127,94	82,82
1990	-15,30	78,94	-41,08	-4,27	76,33	-36,36	7,06	74,00	-29,29
1991	69,06	138,17	-39,83	69,77	140,91	-22,79	70,77	141,00	-5,22
1992	19,86	121,00	20,70	26,73	127,62	17,98	33,77	132,62	16,29
1993	-47,39	102,04	65,96	-45,88	102,81	67,35	-42,39	102,26	68,17
1994	-4,30	62,39	128,96	4,39	59,39	138,89	11,86	56,55	147,49
1995	110,90	-94,80	51,53	119,32	-93,64	43,64	126,55	-90,96	35,99
1996	17,81	-65,74	14,88	19,28	-48,67	13,77	22,42	-32,09	11,98
1997	47,52	187,84	135,60	62,42	191,65	141,85	76,57	194,00	147,78
1998	54,86	-10,48	208,07	57,84	-8,77	210,46	60,65	-6,74	211,49
1999	15,86	52,68	-31,86	13,65	50,59	-42,93	12,52	47,59	-53,29
2000	13,65	50,04	64,46	21,44	47,33	59,81	29,39	45,68	54,25
2001	-39,43	-23,03	24,96	-42,27	-13,58	23,53	-43,43	-2,61	22,35
2002	44,42	161,59	47,67	52,55	163,75	45,39	60,31	163,78	43,67
2003	61,65	155,97	14,14	62,36	156,78	27,28	63,15	156,39	38,17
2004	-5,43	-72,32	12,36	-10,56	-70,80	8,39	-14,90	-67,58	5,74
2005	-78,43	-78,32	-88,36	-85,94	-83,09	-79,40	-93,39	-86,48	-69,15
2006	81,57	-42,00	-24,04	85,39	-30,58	-23,54	88,26	-18,29	-22,26
2007	-8,30	78,55	84,82	3,94	71,17	88,35	15,55	63,10	92,71
2008	-145,27	-106,74	53,22	-135,72	-104,00	54,43	-124,75	-101,29	55,49
2009	38,31	37,68	-36,90	51,94	43,49	-28,29	65,90	48,36	-18,36
2010	-44,74	-102,25	-32,01	-38,72	-102,74	-22,22	-31,39	-102,77	-10,90
2011	-74,35	-34,93	16,07	-81,27	-45,09	23,82	-86,52	-55,32	31,64
2012	-144,14	-158,70	-179,51	-136,98	-162,22	-187,85	-127,98	-163,90	-193,54
2013	67,36	88,39	-32,29	72,57	94,13	-22,79	76,84	99,30	-13,47
2014	46,06	14,26	-79,11	48,05	29,39	-66,40	49,61	42,91	-54,22
2015	39,56	84,02	22,73	39,90	89,97	28,61	40,15	94,60	34,78

У грудні (рис. 3.11) максимальне значення відмічається у 1987 р. (154 гп. м), а мінімальне – у 2008 р. (-145,3 гп. м). За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.



Рис. 3.11. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) у грудні за період 1985-2015 рр.

Максимальна аномалія (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) протягом періоду у січні (рис. 3.12) спостерігалась в 1997 р. (187,8 гп. м), а в лютому - у 1998р. (208,1 гп. м).

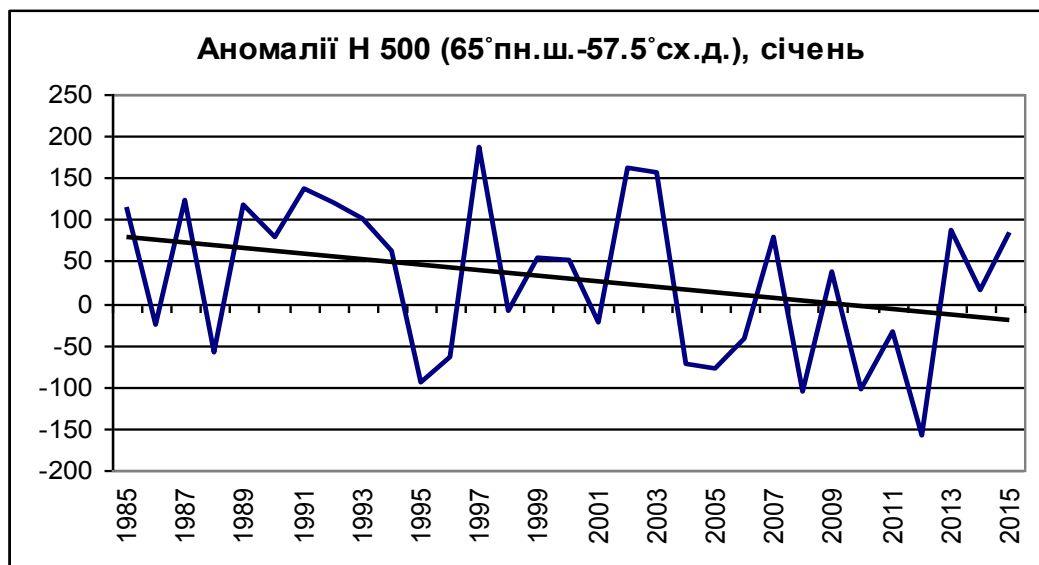


Рис. 3.12. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) у січні за період 1985-2015 рр.

Мінімальна аномалія (рис. 3.13) у січні (-158,7 гп. м) та в лютому (-179,5 гп. м) однаково відмічається у 2012р. і в обох випадках за лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

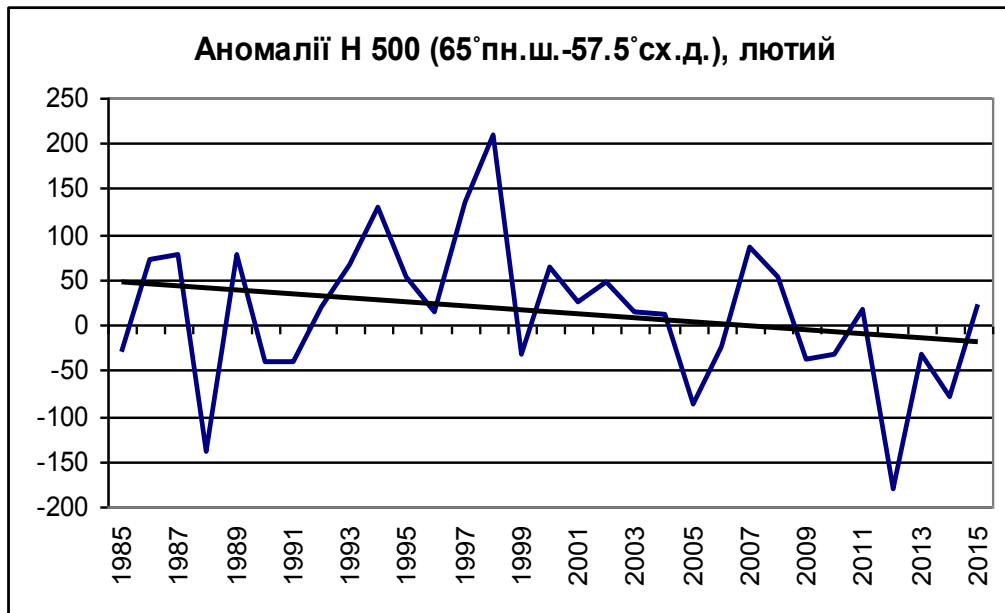


Рис. 3.13. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) у лютому за період 1985-2015 рр.

У грудні (рис. 3.14) максимальне значення аномалії (65° пн.ш.- 60° сх.д.) спостерігалось у 1987р. (151,9 гп. м). Мінімальні аномалії Н-500 у грудні (-128 гп. м), у січні (-163,9 гп. м) та у лютому (-193,5 гп. м) однаково відмічаються у 2012р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

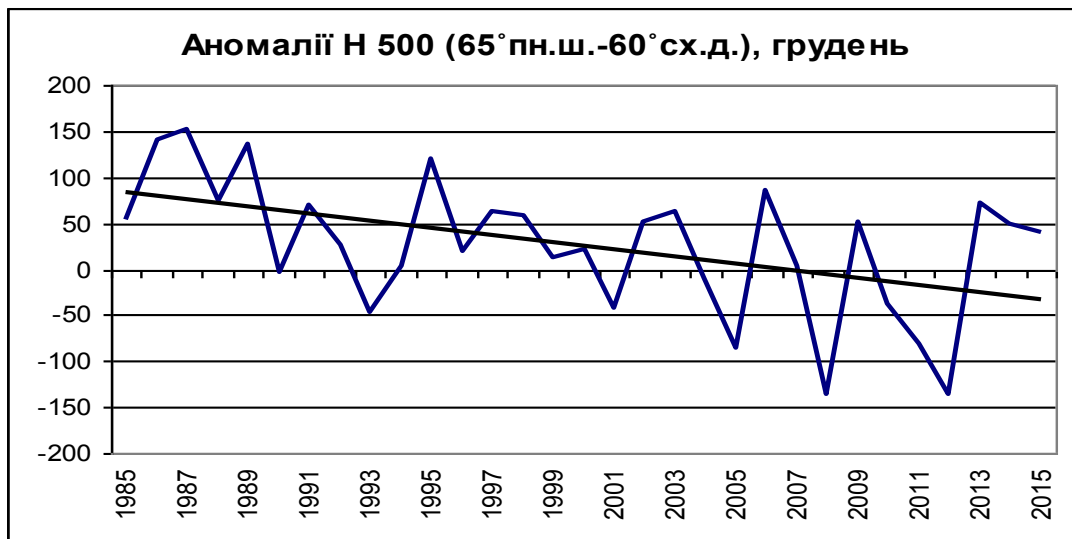


Рис. 3.14. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-60° сх.д.) у грудні за період 1985-2015 рр.

Максимальна аномалія у січні (рис. 3.15) відмічається у 1997р. (191,7 гп. м) та за лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

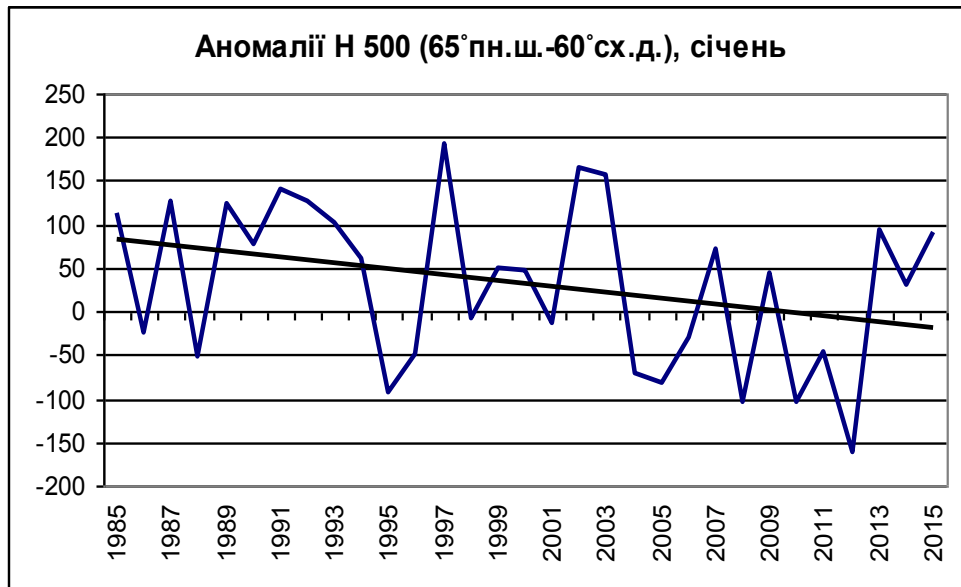


Рис. 3.15. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-60° сх.д.) у січні за період 1985-2015 рр.

У 1998р. в лютому (рис. 3.16) спостерігалась максимальна аномалія (210,5 гп. м), лінія тренду знову зменшувалась, як і в попередні місяці.

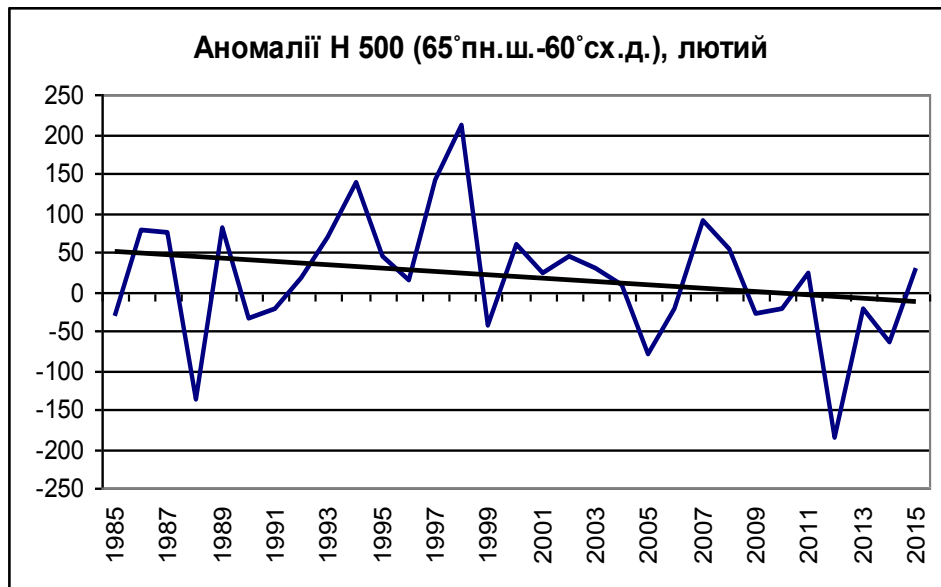


Рис. 3.16. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-60° сх.д.) у лютому за період 1985-2015 рр.

У грудні (рис. 3.17) в районі 65° пн.ш.- 62,5° сх.д. протягом даного періоду максимальне значення спостерігалось у 1986 р. (150,7 гп. м). Мінімальне значення у грудні (-128 гп. м) відмічалось у 2012р., як і в січні (-163,9 гп. м) та лютому (-193,5 гп. м). За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

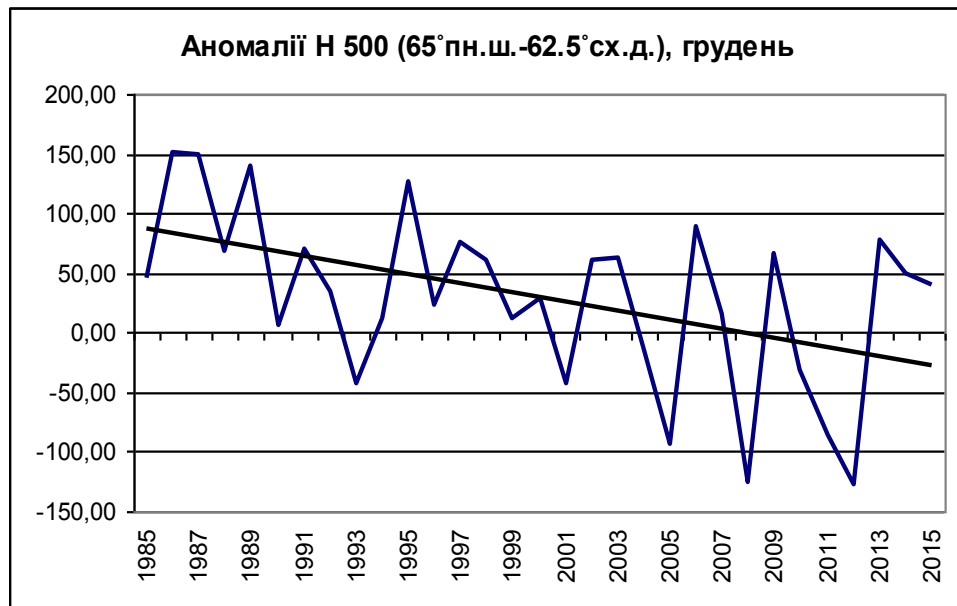


Рис. 3.17. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-62,5° сх.д.) у грудні за період 1985-2015 рр.

У січні (рис. 3.18) максимальне значення аномалії спостерігалось у 1997р. (194 гп. м). За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

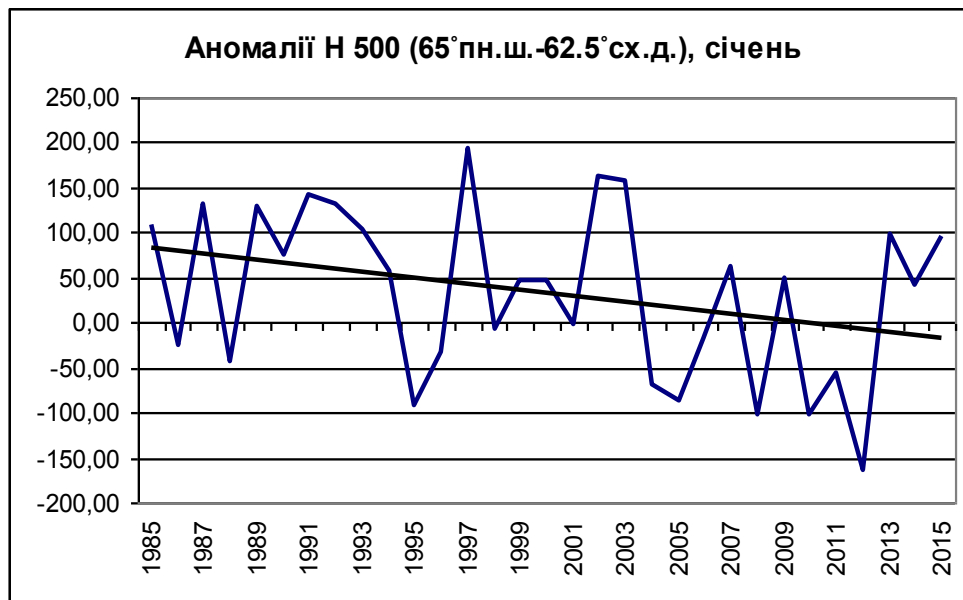


Рис. 3.18. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-62,5° сх.д.) у січні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення аномалії Н-500 (рис. 3.19) в останньому районі у лютому (211,5 гп. м) спостерігалось у 1998 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

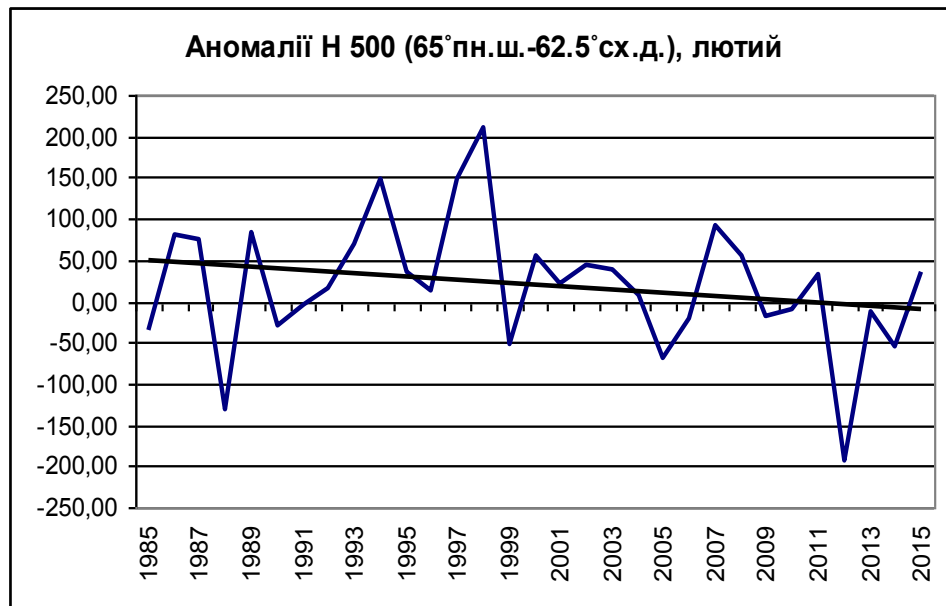


Рис. 3.19. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-62,5° сх.д.) у лютому за період 1985-2015 рр.

### 3.3 Аномалії висот геопотенціалу влітку

Окрім розрахунків аномалії висот геопотенціалу взимку, також визначалися ці значення і для літніх місяців (табл. 3.3 – 3.4) в тих же шести точках (60° пн.ш.- 57,5° сх.д.; 60° пн.ш.- 60° сх.д.; 60° пн.ш.- 62,5° сх.д.; 65° пн.ш.- 57,5° сх.д.; 65° пн.ш.- 60° сх.д.; 65° пн.ш.- 62,5° сх.д) протягом 1985-2015 рр.



Таблиця 3.3 – Відхилення геопотенціальних висот Н-500 (гп.м) на широті 60° пн.ш. в трьох точках протягом літнього періоду 1985-2015 рр.

Роки	60° пн.ш.-57,5° сх.д.			60° пн.ш.-60° сх.д.			60° пн.ш.-62,5° сх.д.		
	Червень	Липень	Серпень	Червень	Липень	Серпень	Червень	Липень	Серпень
1985	16,6	67,8	-44,6	15,4	71,5	-33,6	14,9	72,7	-23,7
1986	1,4	88,4	49,6	17,4	92,8	60,0	31,4	95,7	67,9
1987	-87,6	-7,1	-2,3	-75,7	-17,9	-5,0	-60,6	-27,5	-8,4
1988	-87,2	-89,4	-44,5	-77,6	-86,0	-42,3	-64,5	-82,4	-38,6
1989	-149,5	-80,1	39,8	-146,6	-86,7	40,7	-140,1	-92,3	40,1
1990	-10,6	-25,5	-12,7	-14,2	-29,6	-15,5	-15,7	-33,1	-18,1
1991	-110,4	37,4	51,3	-111,0	38,5	53,0	-109,8	38,9	53,8
1992	65,8	16,8	41,6	77,2	14,7	49,7	87,6	11,8	56,5
1993	-5,1	-40,0	18,4	-12,6	-42,6	14,8	-17,1	-44,0	11,6
1994	19,5	66,7	6,4	7,8	69,9	1,6	-3,9	70,9	-3,6
1995	-20,2	7,1	29,4	-3,9	5,1	32,0	13,6	3,2	33,9
1996	-22,9	-14,7	20,6	-25,3	-17,7	38,2	-26,3	-20,7	55,2
1997	-46,9	57,5	25,5	-37,2	70,5	34,7	-26,0	82,0	42,4
1998	-63,1	-45,6	3,0	-51,9	-52,2	0,3	-40,4	-58,4	-2,1
1999	-27,2	-21,1	26,5	-12,0	-20,5	29,2	2,1	-21,1	32,6
2000	-50,9	-66,5	45,1	-53,4	-61,0	51,4	-54,8	-53,8	57,1
2001	59,1	-20,0	48,6	66,2	-2,2	49,2	71,4	15,6	49,1
2002	61,3	-44,4	101,3	61,4	-32,4	106,7	59,6	-21,1	109,5
2003	54,9	-55,9	-79,7	40,4	-43,3	-89,3	26,1	-30,7	-97,4
2004	13,4	-74,3	-21,9	10,6	-70,8	-12,6	7,3	-64,5	-2,7
2005	20,2	-9,9	-63,0	18,3	-11,8	-56,0	13,8	-12,1	-48,8
2006	-81,5	54,4	-24,9	-74,2	59,2	-17,8	-67,7	60,8	-9,6
2007	83,6	-24,0	-65,3	86,1	-26,4	-53,5	88,4	-27,6	-41,4
2008	26,7	-36,3	13,9	30,7	-35,4	18,2	36,4	-33,3	23,3
2009	-45,6	19,4	-11,8	-38,1	23,8	-10,4	-30,2	27,1	-10,0
2010	-12,5	-95,3	-43,1	-6,0	-74,3	-38,4	1,0	-52,7	-33,3
2011	-17,2	-65,0	6,6	-13,9	-48,1	19,4	-11,4	-29,7	31,3
2012	-69,1	-49,0	-34,9	-76,1	-49,8	-31,7	-82,8	-50,5	-26,8
2013	-62,1	-30,1	-57,6	-54,0	-28,3	-51,0	-44,9	-25,6	-44,4
2014	1,9	55,2	-60,0	1,5	71,6	-59,9	2,2	83,6	-59,4
2015	-60,5	117,1	71,0	-63,0	121,6	84,6	-65,4	123,9	95,0

У червні (рис. 3.20) у даному районі в період 1985-2015 рр. максимальне значення (83,6 гп. м) спостерігалось 2007 р., а мінімальне (-149,5 гп. м) – у

1989р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались.

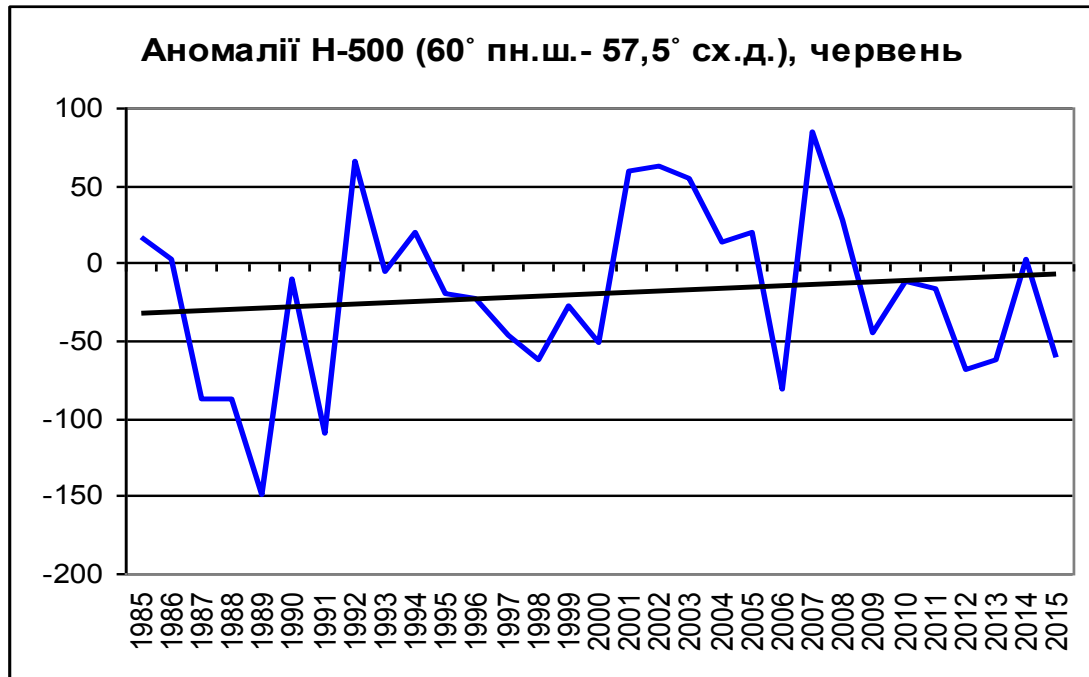


Рис. 3.20. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.- 57,5° сх.д.) у червні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення (рис. 3.21) аномалії Н-500 у липні (117,1 гп. м) відмічається у 2015р., мінімальне (-95,3 гп. м) – у 2010р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

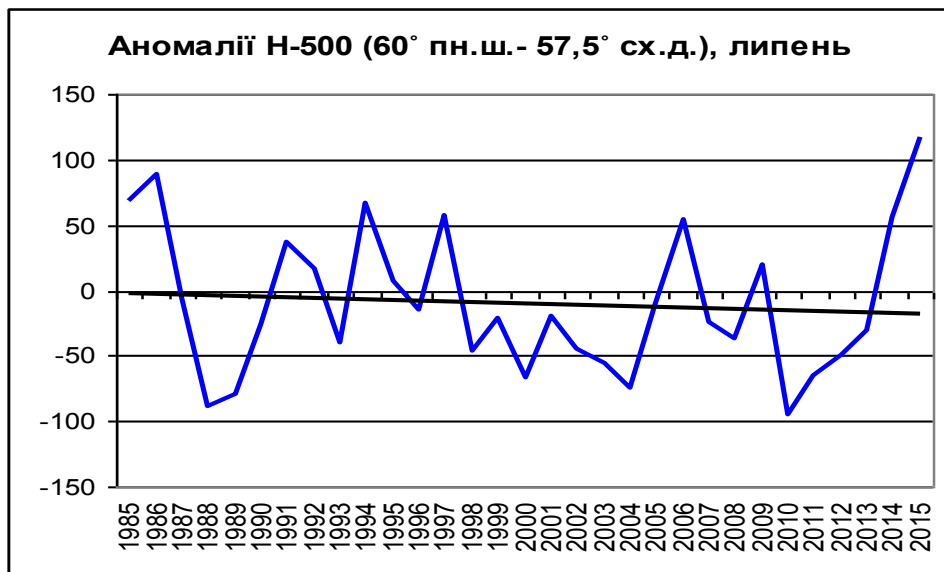


Рис. 3.21. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.- 57,5° сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

У серпні (рис. 3.22) максимальне (101,3 гп. м) та мінімальне (-79,7 гп. м) значення аномалії геопотенціальних висот спостерігались один за одним, максимум у 2002р., мінімум у 2003р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшуються.

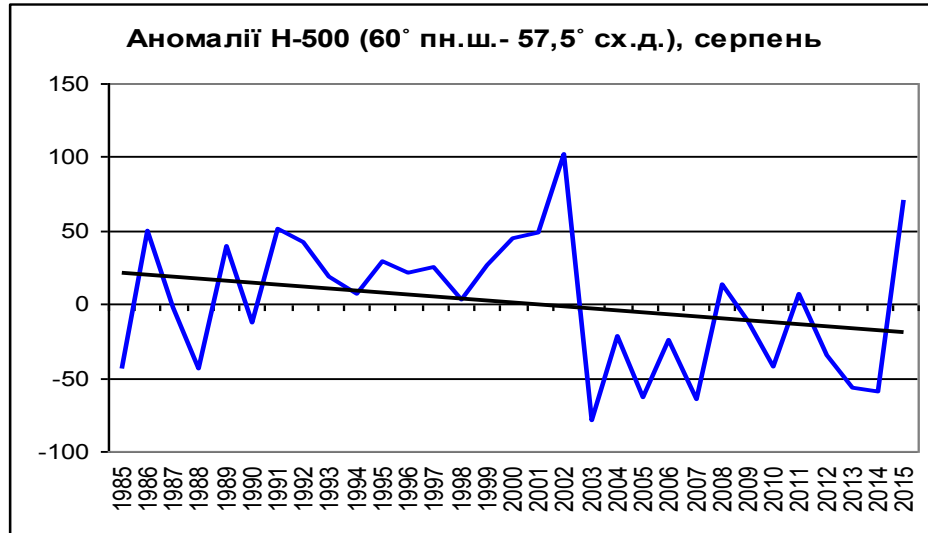


Рис. 3.22. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.- 57,5° сх.д.) у серпні за період 1985-2015 рр.

У червні (рис. 3.23) за період 1985-2015 рр. в районі 60° пн.ш.- 60° сх.д. максимальне значення аномалії (86,1 гп. м) відмічалось у 2007р. Мінімальні значення у червні (-146,6 гп. м) та липні (-86,7 гп. м) однаково спостерігались у 1989р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались.

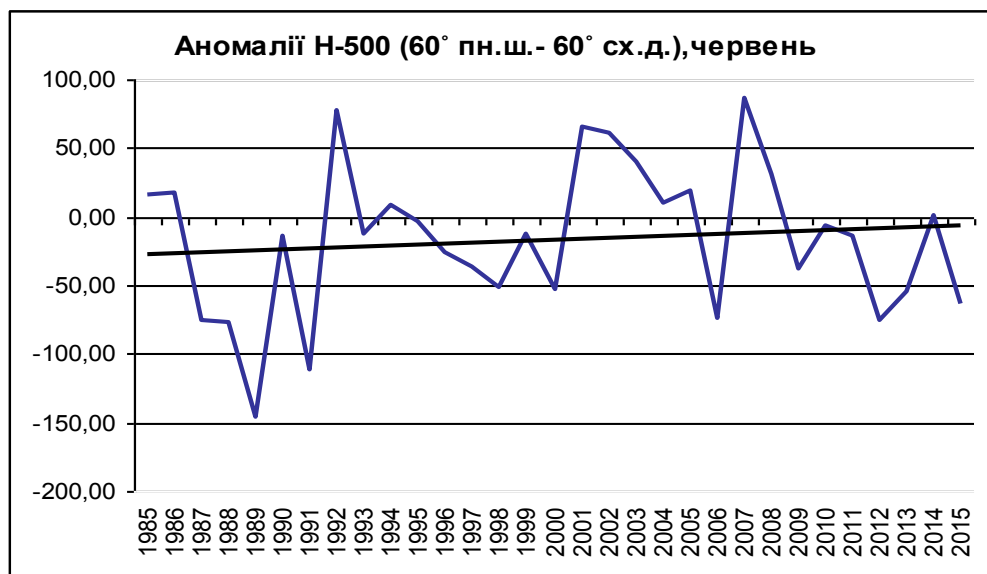


Рис. 3.23. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-60° сх.д.) у червні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення (рис. 3.24) аномалії Н-500 у липні (121,6 гп. м) відмічалось у 2015р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшуються.

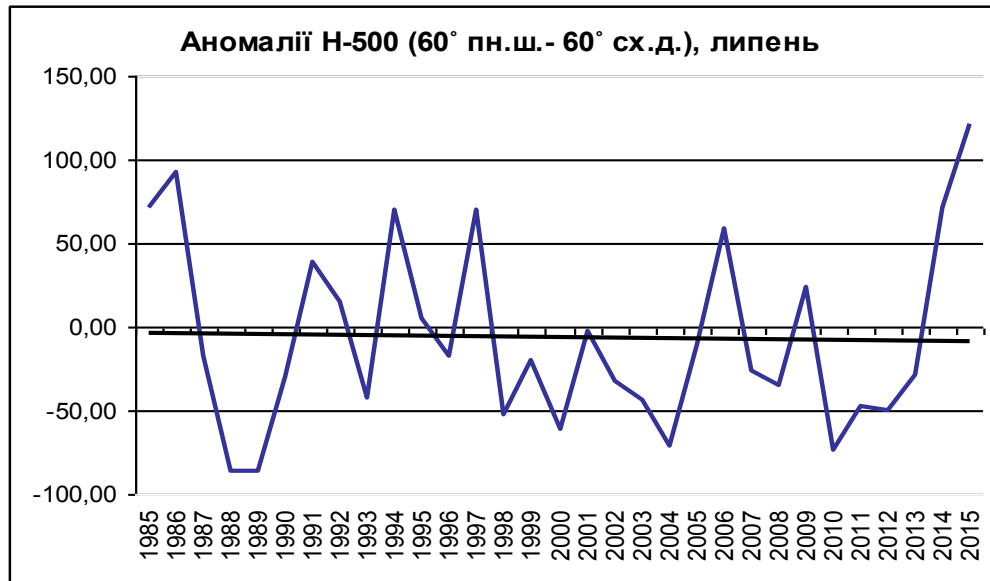


Рис. 3.24. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.- 60° сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

У серпні (рис. 3.25) в тому ж районі за період 1985-2015рр. максимальне значення аномалії (106,7 гп. м) спостерігалось у 2002р., а мінімальне (-89,3 гп. м) – у 2003р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

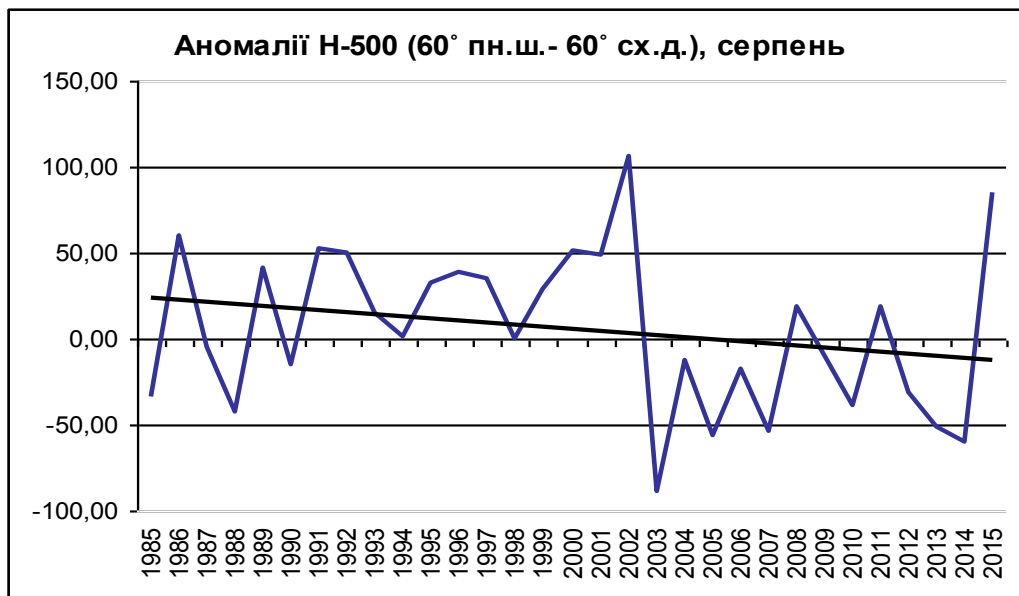


Рис. 3.25. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-60° сх.д.) у серпні за період 1985-2015 рр.

У червні (рис. 3.26) в районі ( $60^{\circ}$  пн.ш.-  $62,5^{\circ}$  сх.д.) в періоді, який розглядається максимальне значення аномалії (88,4 гп. м) спостерігалось у 2007р., а мінімальне (-140,1 гп. м) – у 1989р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались.

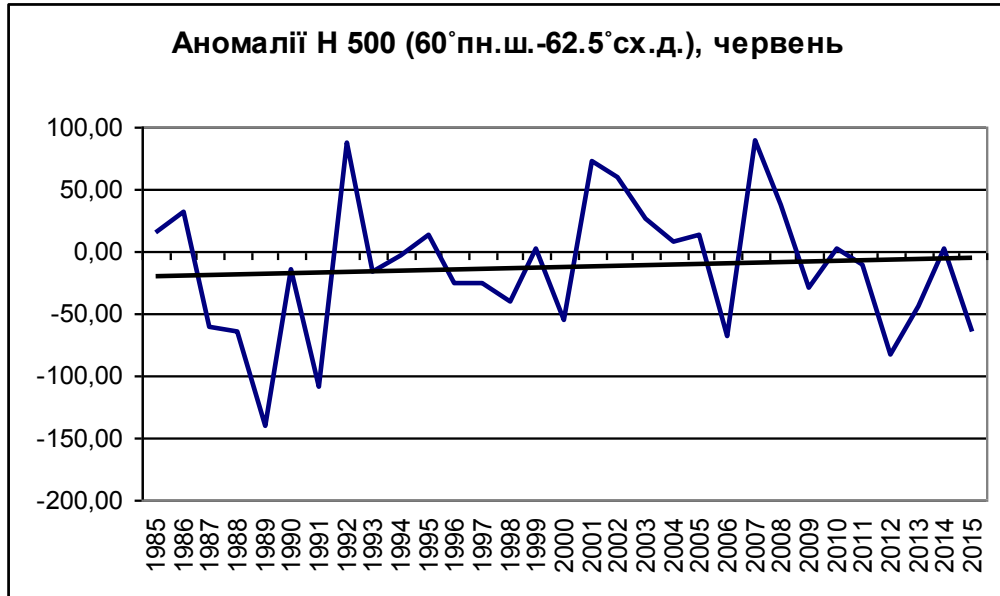


Рис. 3.26. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці ( $60^{\circ}$  пн.ш.-  $62,5^{\circ}$  сх.д.) у червні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення (рис. 3.27) у липні (123,9 гп. м) в тому ж районі відмічається 2015р., мінімальне (-92,3 гп. м) також, як і в червні у 1989р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом не дуже швидко збільшувались.

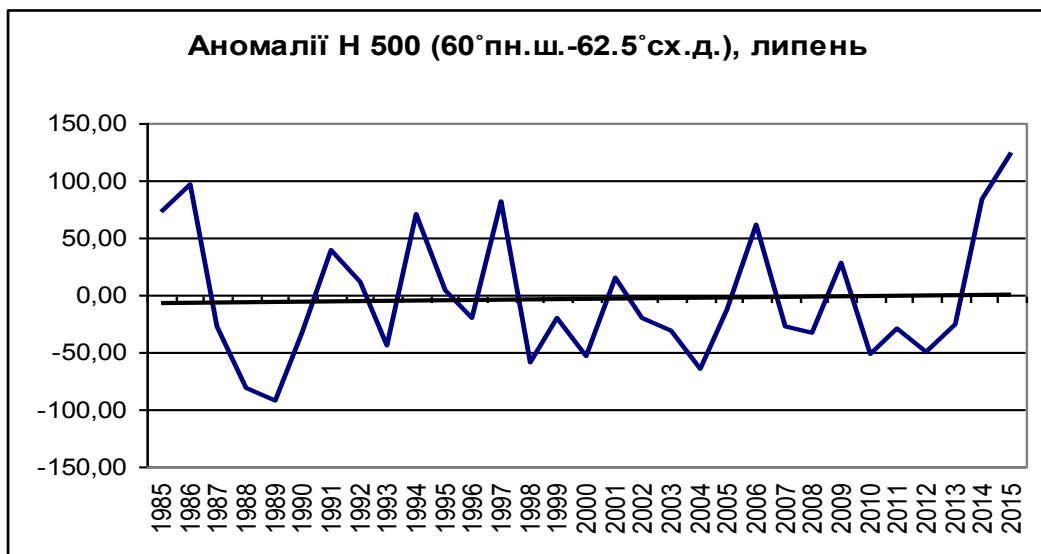


Рис. 3.27. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці ( $60^{\circ}$  пн.ш.-  $62,5^{\circ}$  сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

У серпні (рис. 3.28) максимальне (109,5 гп. м) та мінімальне (-97,4 гп. м) значення аномалії висот геопотенціалу спостерігались один за одним, максимум у 2002р., мінімум у 2003р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

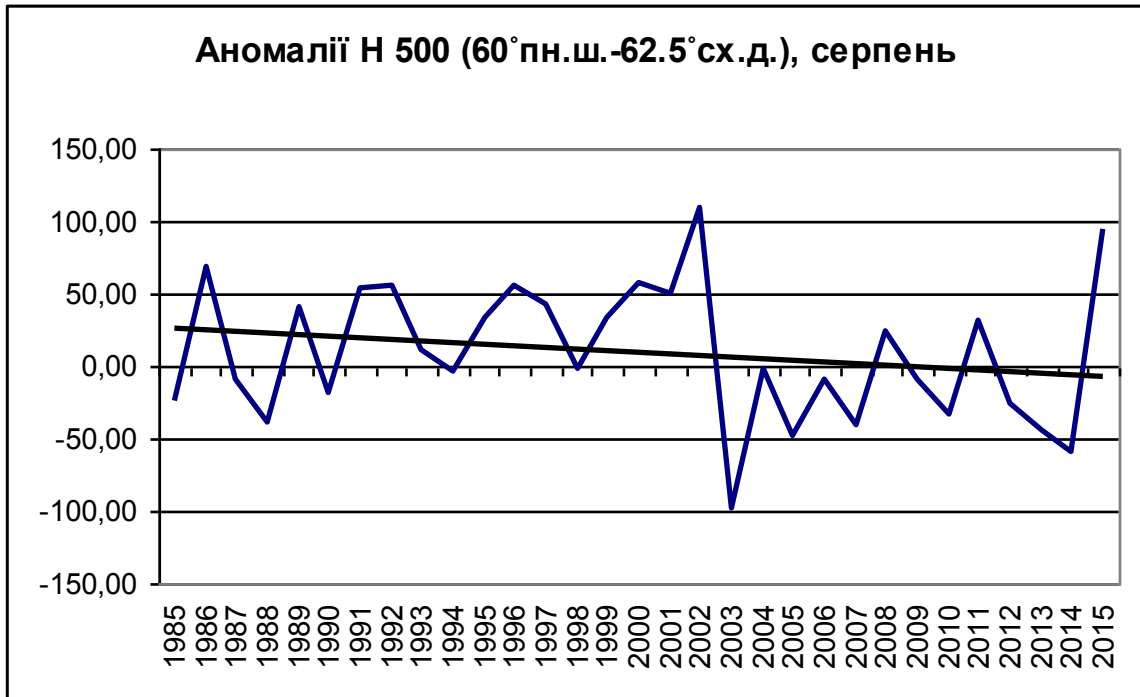


Рис. 3.28. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (60° пн.ш.-62,5° сх.д.) у серпні за період 1985-2015 рр.

Також були розраховані значення відхилень геопотенціалу в літні місяці, ще за трьома районами (табл. 3.4) з шістьох, які розглядаються у даній роботі протягом 1985-2015рр. Ці три райони поділені за широтами: 65° пн.ш.-57,5° сх.д.; 65° пн.ш.-60° сх.д.; 65° пн.ш.-62,5° сх.д.

Таблиця 3.4 – Відхилення геопотенціальних висот Н-500 (гп.м) на широті 65° пн.ш. в трьох точках протягом літнього періоду 1985-2015 рр.

Роки	65° пн.ш.-57,5° сх.д.			65° пн.ш.-60° сх.д.			65° пн.ш.-62,5° сх.д.		
	Червень	Липень	Серпень	Червень	Липень	Серпень	Червень	Липень	Серпень
1985	-2,61	27,67	-16,22	-3,65	30,73	-7,22	-4,98	32,99	1,55
1986	4,32	70,47	31,68	16,82	77,86	38,85	28,45	83,89	44,30
1987	-31,31	-25,20	0,23	-18,58	-33,82	-2,67	-3,55	-40,85	-6,22
1988	-46,88	-101,88	-42,45	-35,81	-97,20	-39,80	-23,21	-91,01	-36,28
1989	-131,28	-48,65	14,62	-122,85	-52,11	13,85	-111,91	-55,14	12,85
1990	-30,01	-67,04	-25,38	-29,88	-71,59	-24,61	-27,61	-76,01	-23,83
1991	-97,15	27,51	20,20	-96,05	24,54	20,62	-93,58	20,73	20,39
1992	84,35	29,83	31,20	97,92	25,35	31,85	110,65	20,15	32,36
1993	-55,75	-44,82	12,43	-61,91	-48,88	13,81	-65,18	-51,95	15,33
1994	16,35	-1,88	-14,41	8,55	-1,27	-16,32	0,52	-1,59	-19,25
1995	22,05	27,35	18,36	38,02	21,76	18,91	54,52	16,35	19,43
1996	14,05	13,02	39,43	11,99	5,89	56,75	10,22	-2,14	72,59
1997	-1,28	77,60	9,85	10,99	91,73	18,52	24,19	104,25	26,01
1998	-37,58	-46,53	6,94	-28,68	-53,14	3,26	-19,05	-58,62	-0,86
1999	-17,65	32,05	48,39	-3,18	30,96	53,20	10,62	29,18	58,04
2000	-49,81	-67,40	36,01	-50,45	-59,72	38,36	-49,51	-50,49	40,14
2001	25,82	-1,11	18,68	31,72	12,70	15,04	35,85	27,76	11,59
2002	53,55	-2,46	107,17	52,69	6,12	113,55	49,65	13,76	117,43
2003	38,72	-66,62	-78,32	25,19	-53,78	-86,48	11,15	-40,98	-93,86
2004	27,52	-92,49	3,85	21,89	-89,91	12,97	15,39	-84,82	22,72
2005	11,19	-28,65	-83,19	12,22	-29,65	-78,09	12,39	-29,78	-72,28
2006	-61,48	40,51	-37,48	-58,58	42,67	-30,03	-56,21	42,15	-21,96
2007	68,82	-54,59	-18,19	68,25	-58,14	-8,70	68,29	-60,33	0,97
2008	26,35	-32,65	52,62	32,75	-33,27	53,04	41,02	-31,88	53,97
2009	-3,18	7,15	-12,32	-0,18	6,57	-13,74	2,55	5,89	-16,86
2010	62,32	-63,11	14,91	69,69	-46,43	20,81	76,89	-29,56	26,81
2011	-65,48	-18,36	29,04	-61,75	-0,49	41,39	-57,91	18,51	53,43
2012	-79,28	-17,69	11,91	-92,25	-20,91	15,10	-104,68	-23,91	18,20
2013	-73,51	-60,33	-26,93	-67,11	-63,20	-21,12	-60,45	-65,33	-15,96
2014	3,25	37,67	-44,74	2,89	50,57	-41,38	3,09	59,44	-37,28
2015	-26,33	129,74	34,25	-32,76	131,58	44,61	-38,24	131,02	53,44

У червні (рис. 3.29) в районі 65° пн.ш.- 57,5° сх.д. протягом даного періоду максимальне значення аномалії (62,3 гп. м) спостерігалось у 2010 р., а мінімальне (-131,3 гп. м) – у 1989 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались.

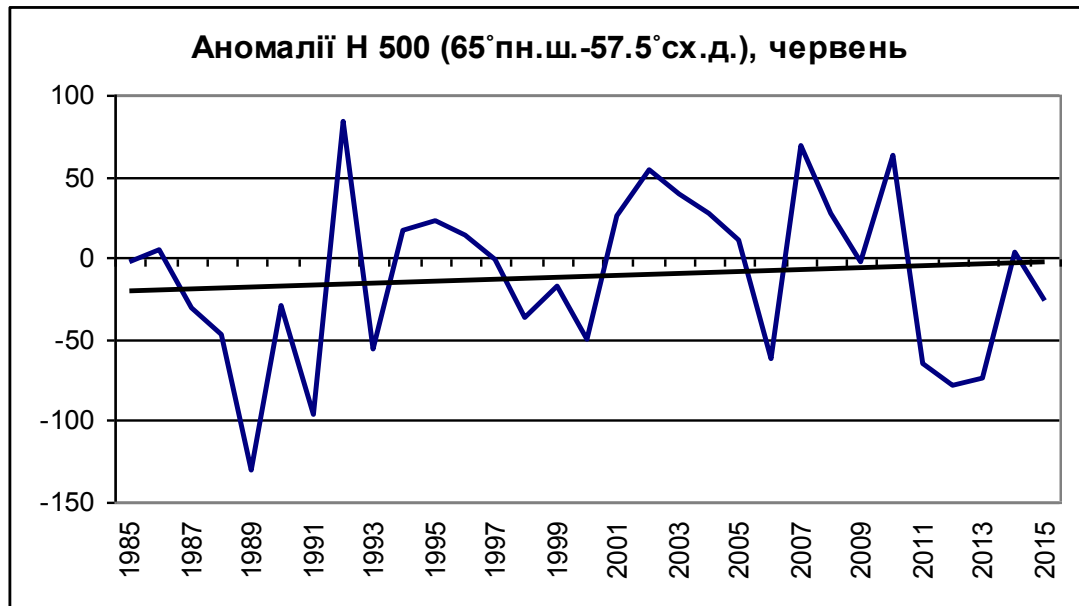


Рис. 3.29. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) у червні за період 1985-2015 рр.

У липні (рис. 3.30) в тому ж районі максимальне значення (129,7 гп. м) відмічається у 2015 р., мінімальне (-101,9 гп. м) – у 1988 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались.

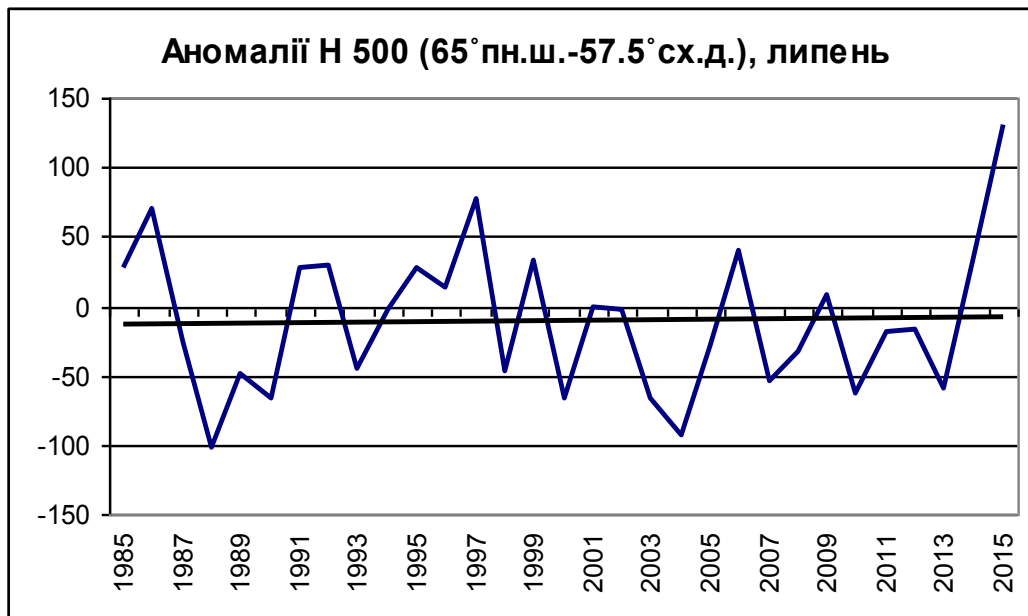


Рис. 3.30. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення (рис. 3.31) аномалії у серпні (107,2 гп. м) спостерігалось у 2002 р., мінімальне (-83,2 гп. м) – у 2005 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.



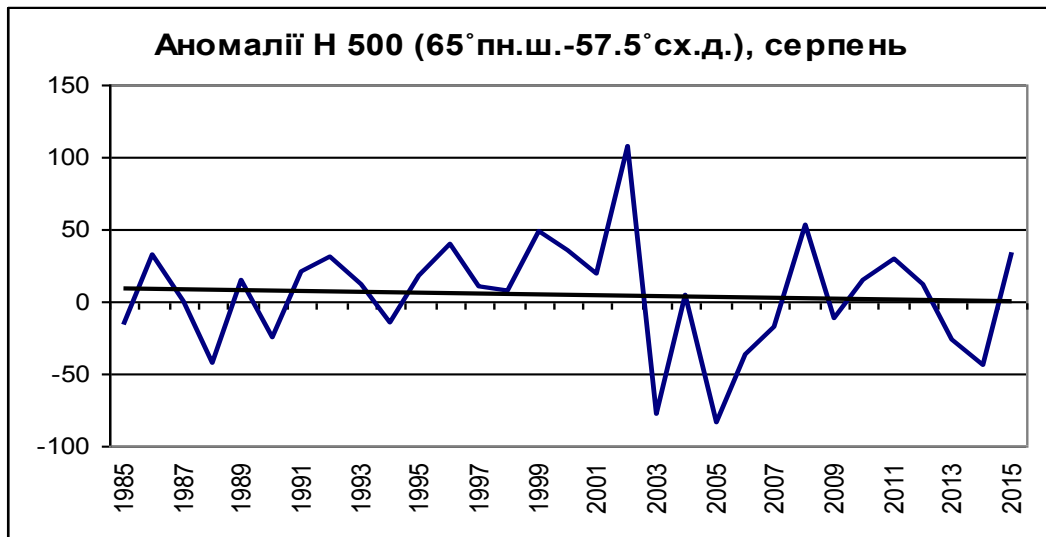


Рис. 3.31. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-57,5° сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

В районі 65° пн.ш.- 60° сх.д. в період 1985 – 2015 рр. у червні (рис. 3.32) максимальне значення аномалії Н-500 (97,9 гп. м) спостерігалось у 1992 р., а мінімальне (-122,9 гп. м) – у 1989 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались, як і в липні.

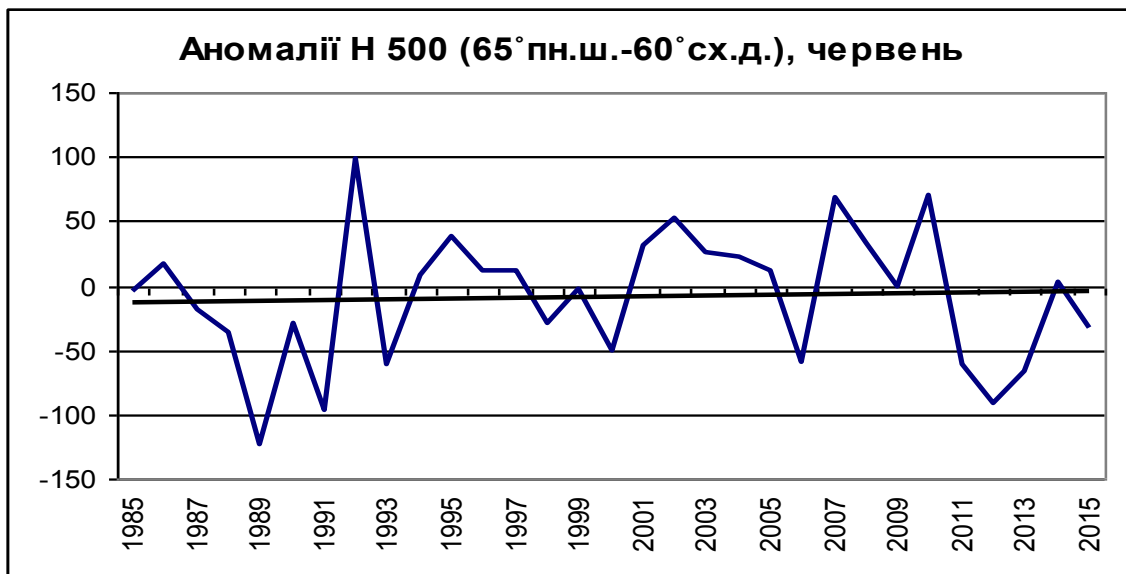


Рис. 3.32. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-60° сх.д.) у червні за період 1985-2015 рр.

В тому ж районі у липні (рис. 3.33) максимальне значення (131,6 гп. м) відмічається у 2015р., а мінімальне (-97,2 гп. м) – у 1988 р.

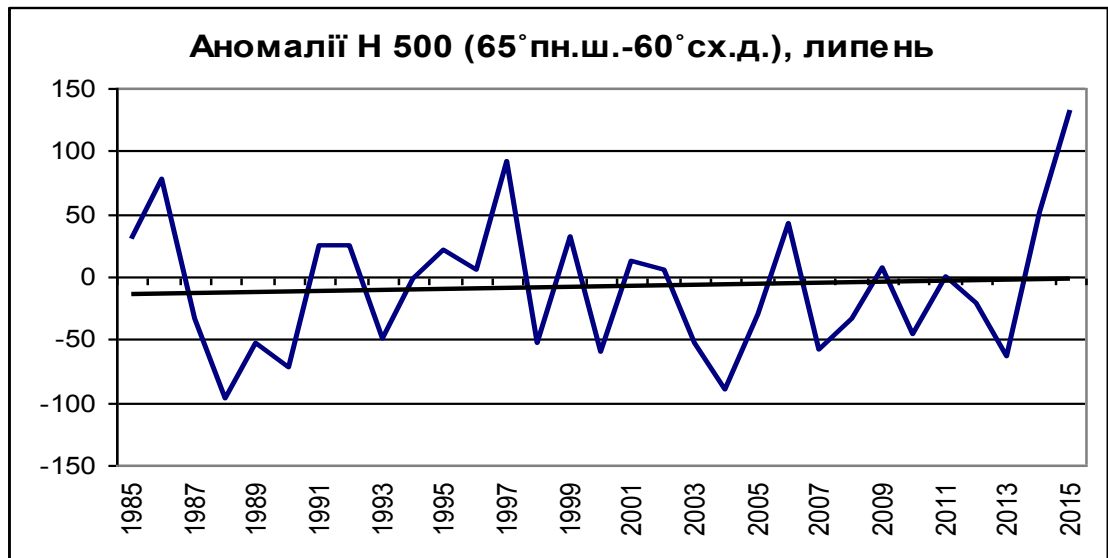


Рис. 3.33. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-60° сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

У серпні (рис. 3.34) максимальне (113,6 гп. м) та мінімальне (-86,5 гп. м) значення аномалії висот геопотенціалу спостерігались один за одним, максимум у 2002 р., мінімум у 2003 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом зменшувались.

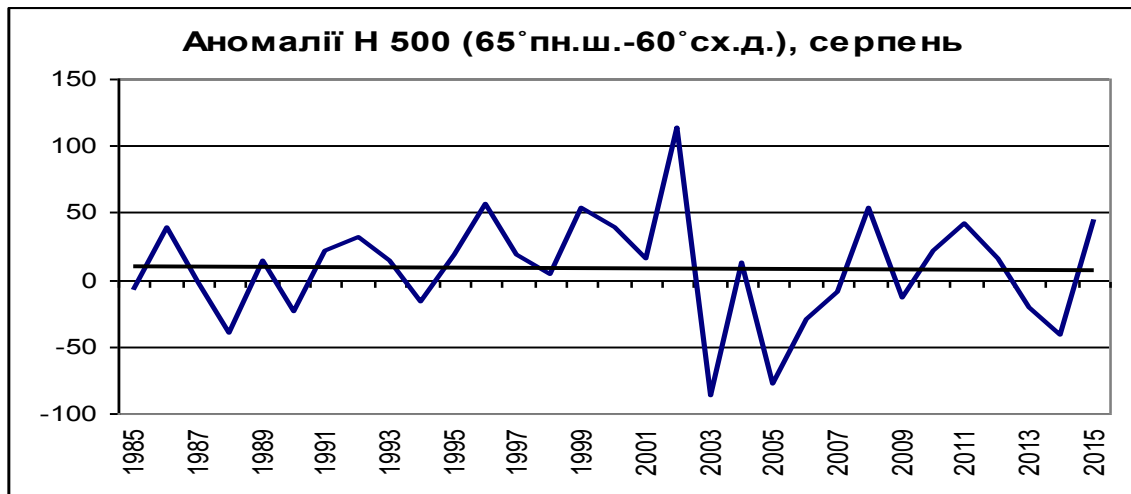


Рис. 3.34. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-60° сх.д.) у серпні за період 1985-2015 рр.

Максимальне значення аномалії висот геопотенціалу у червні (рис. 3.35) (110,7 гп. м) в районі 65° пн.ш.- 62,5° сх.д. протягом періоду, який розглядається спостерігалось у 1992 р., а мінімальне (-111,9 гп. м) – у 1989 р. Лінія тренду не змінюється.

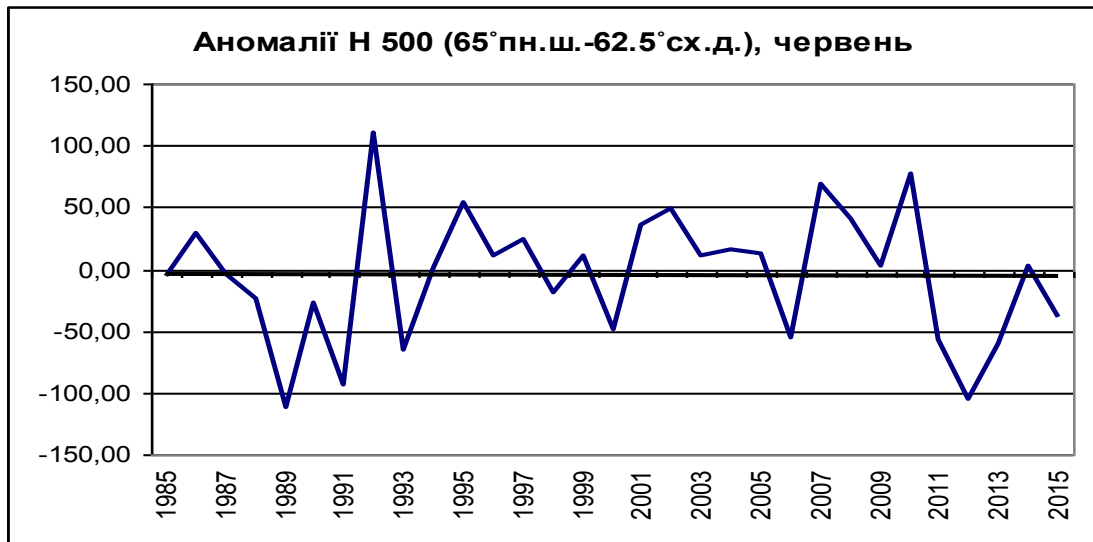


Рис. 3.35. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-62,5° сх.д.) у червні за період 1985-2015 рр.

У липні (рис. 3.36) в даному районі максимальне значення (131 гп. м) відмічається у 2015 р., а мінімальне (-91 гп. м) – у 1988 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом збільшувались.

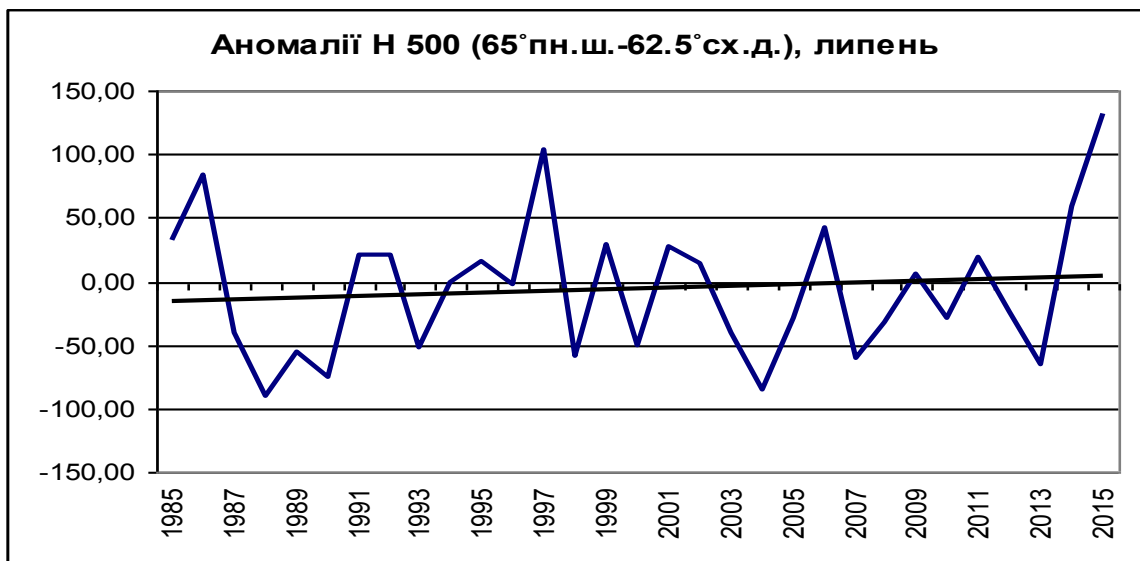


Рис. 3.36. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-62,5° сх.д.) у липні за період 1985-2015 рр.

У серпні (рис. 3.37) максимальне (117,4 гп. м) та мінімальне (-93,9 гп. м) значення аномалії висот геопотенціалу спостерігались один за одним, максимум у 2002р., мінімум у 2003 р. За лінією тренда можна стверджувати, що значення аномалії з часом не змінювалися.

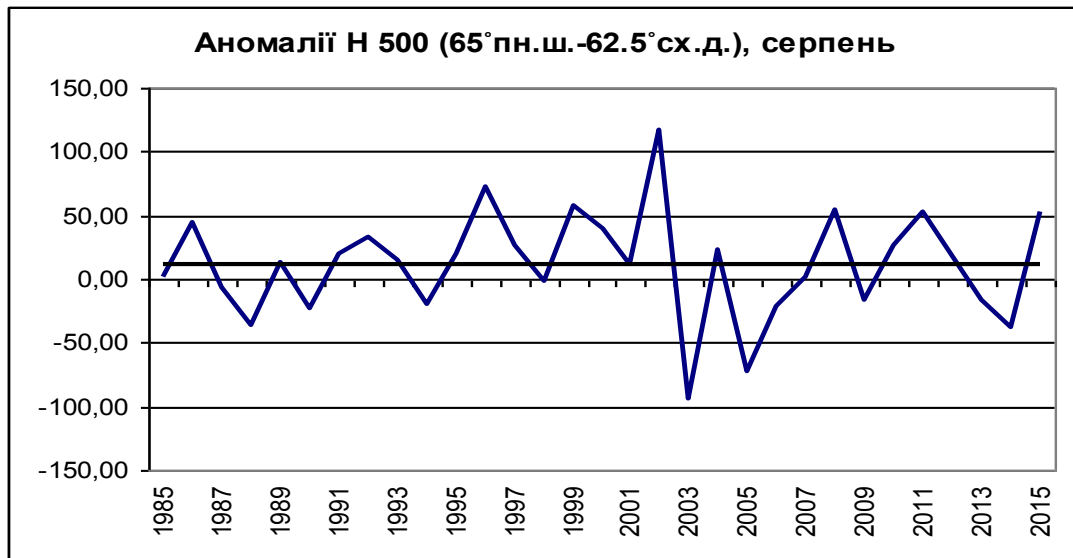


Рис. 3.37. Часовий хід аномалій Н-500 (гп. м) в точці (65° пн.ш.-62,5° сх.д.) у серпні за період 1985-2015 рр.

#### 4 АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПІВНІЧНОАТЛАНТИЧНОГО КОЛИВАННЯ ТА КОЛИВАНЬ ВИСОТНОГО ПОЛЯ ТИСКУ

В даному розділі розглянуто динаміку індексу Північноатлантичного коливання протягом досліджуваного періоду 1985-2015 рр. Аналіз проводився за допомогою місячних значень індексу ПАК, отриманих з бази даних ПАК [30], для яких побудовані графіки часового ходу для кожного місяця окремо.

Дивлячись з графіку на рис. 4.1, у груднях протягом періоду, що розглядається, переважали позитивні фази ПАК. Найбільш глибокі негативні фази індексу Північноатлантичного коливання припали на 1995, 2009 та 2010 рр. Максимальні значення індексу Північноатлантичного коливання спостерігалися у 1994, 2011 та 2015 рр. За лінією тренду протягом досліджуваного періоду значення ПАК у грудні збільшуються.



Рис. 4.1. Часовий хід індексу Північноатлантичного коливання (ПАК) у грудні місяці періоду 1985-2015 рр. (пряма – лінія тренду)

Як можна бачити з графіку на рис. 4.2, у січнях місяцях періоду, що розглядається, переважали позитивні фази ПАК. Найбільш глибокі негативні фази припали на 1985, 1987 та 2010 рр., коли відмічалися досить суворі зими над Східною Європою, викликані процесами блокування та поширення сибірського антициклону на захід. Максимальні позитивні значення індексу північноатлантичного коливання спостерігалися у 1993, 2005 та 2015 рр. За

лінією тренду протягом досліджуваного періоду значення ПАК у січні слабо ростуть, тобто переважає позитивна фаза.

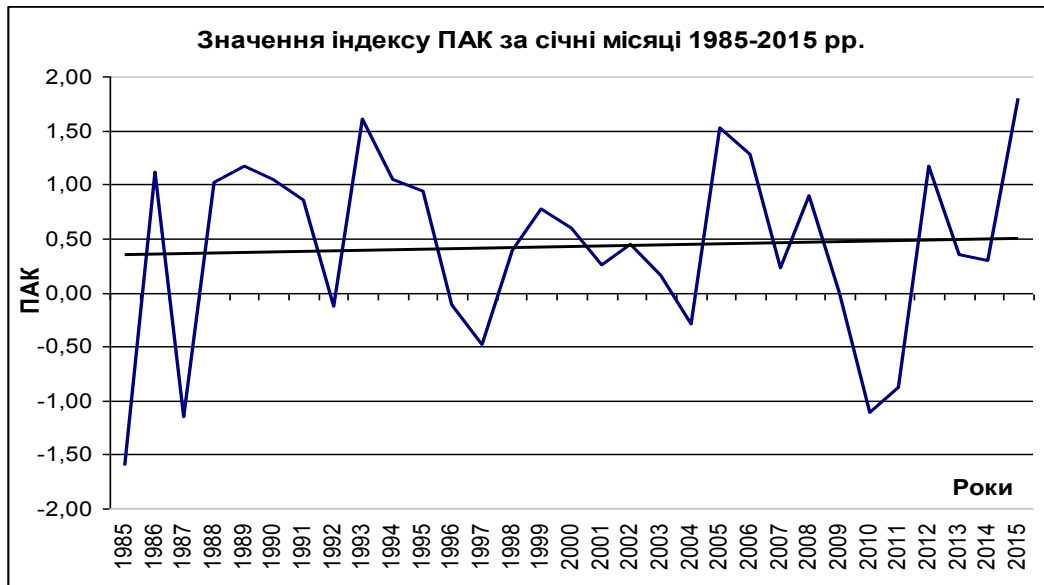


Рис. 4.2. Часовий хід індексу Північноатлантичного колювання (ПАК) у січні місяці періоду 1985-2015 рр. (пряма – лінія тренду)

У місяцях лютих протягом періоду, як можна бачити на графіку рис. 4.3, переважали позитивні фази ПАК. Найбільш виражені негативні фази відмічалися у 1986 та 2010 рр., а максимальні позитивні значення ПАК у 1989, 1997 та 2000 рр. За лінією тренду протягом періоду значення індексу ПАК зменшуються.



Рис. 4.3. Часовий хід індексу Північноатлантичного колювання (ПАК) у лютому місяці періоду 1985-2015 рр. (пряма – лінія тренду)

У червнях протягом періоду, як видно на графіку рис. 4.4, переважали негативні фази ПАК. Найбільш позитивні фази відмічалися у 1986 та 1994 рр., а мінімальні значення індексу ПАК у 1998, 2012 рр. За лінією тренду протягом періоду значення індексу зменшуються.



Рис. 4.4. Часовий хід індексу Північноатлантичного колювання (ПАК) за червні місяці періоду 1985-2015 рр. (пряма – лінія тренду)

Дивлячись з графіку на рис. 4.5, у липнях протягом періоду, що розглядається, переважали негативні фази ПАК. Найбільш позитивні фази індексу північноатлантичного колювання припали на 1994, 2004 рр.

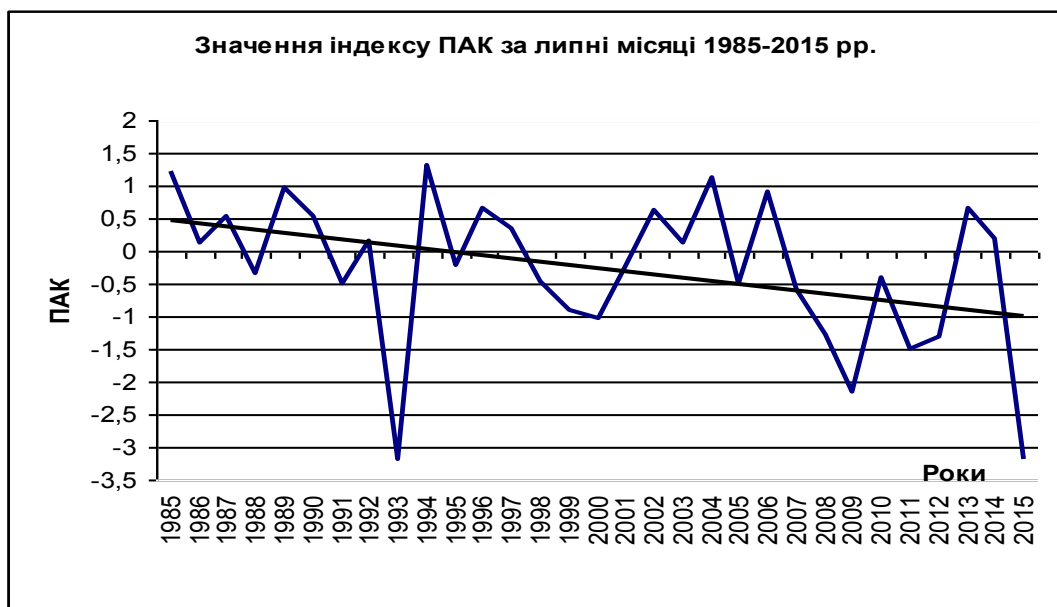


Рис. 4.5. Часовий хід індексу Північноатлантичного колювання (ПАК) за липні місяці періоду 1985-2015 рр. (пряма – лінія тренду)

Мінімальні значення індексу Північноатлантичного колювання спостерігалися у 1993, 2015 рр. За лінією тренду протягом досліджуваного періоду значення ПАК у липні зменшуються.

У серпнях протягом періоду, що досліджується, як можна бачити на графіку рис. 4.6, переважали негативні фази ПАК. Найбільш позитивні фази відмічалися у 1991, 1996 та 2013 рр., а мінімальні значення індексу ПАК у 2006, 2014 рр. За лінією тренду протягом періоду значення індексу зменшуються.

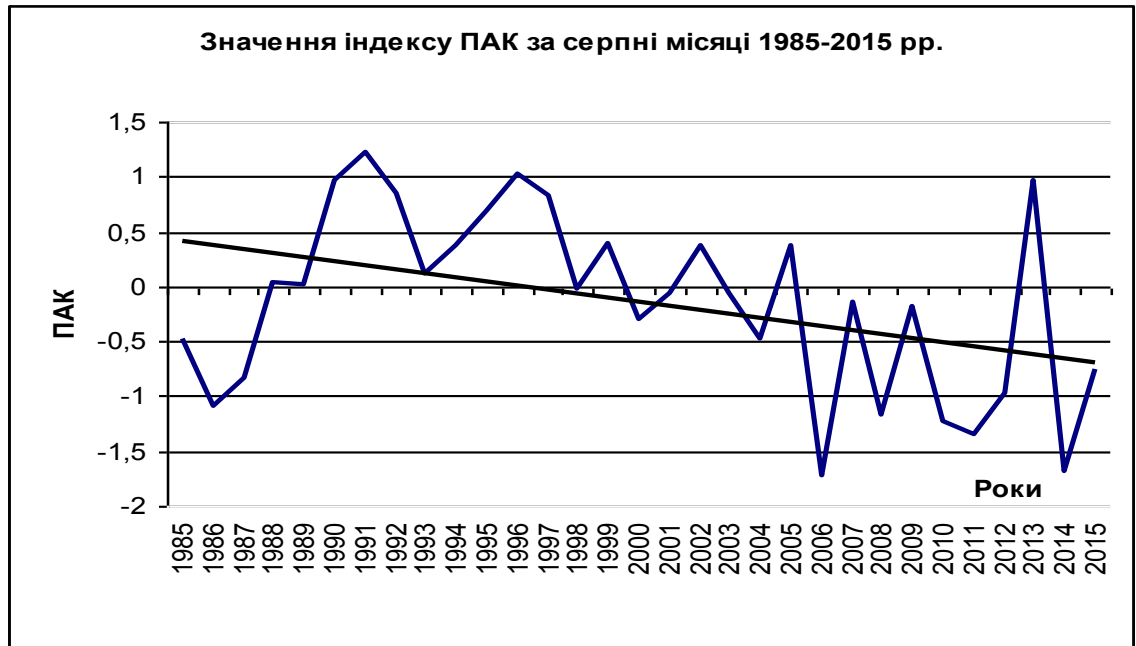


Рис. 4.6. Часовий хід індексу Північноатлантичного колювання (ПАК) за серпні місяці періоду 1985-2015 рр. (пряма – лінія тренду)

Далі наведемо результати аналізу часового ходу індексу ПАК та аномалій Н-500, осереднених по трьох точках для широт 60 та 65° пн.ш.

На рис. 4.7-4.9 представлені графіки часового ходу для зимових місяців на широті 60° пн.ш. Можна бачити, що коливання індексу ПАК та аномалій висот Н-500 відбуваються синфазно лише в окремі періоди. Так, в грудні (рис. 4.7) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1985-1988 рр. та 2013-2015 рр. В чіткій протифазі аномалії колювалися в період 1995-1997 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для грудня складає -0,08, він є незначущим.





Рис. 4.7. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного колювання і аномалій Н-500 в грудні 1985-2015 рр. на широті 60° пн.ш.

У січні (рис. 4.8) на колювання в одній позитивній фазі припали періоди 1989-1991 рр. та 2013-2015 рр. В чіткій протифазі аномалії колювалися в період 1985-1988 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для січня складає  $-0,08$ , він є незначущим.

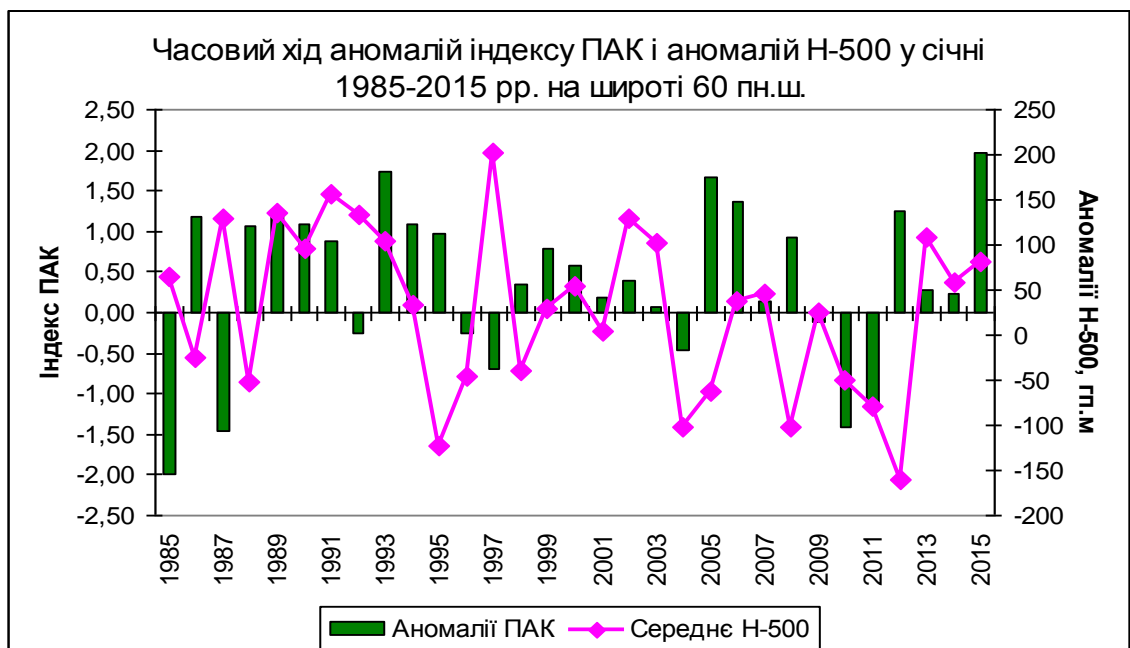


Рис. 4.8. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного колювання і аномалій Н-500 у січні 1985-2015 рр. на широті 60° пн.ш.

У лютому (рис. 4.9) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1993-1994 рр. та 2000-2001 рр., в негативній фазі – 2004-2006 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1990-1992 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для лютого складає 0,07, він є незначущим.

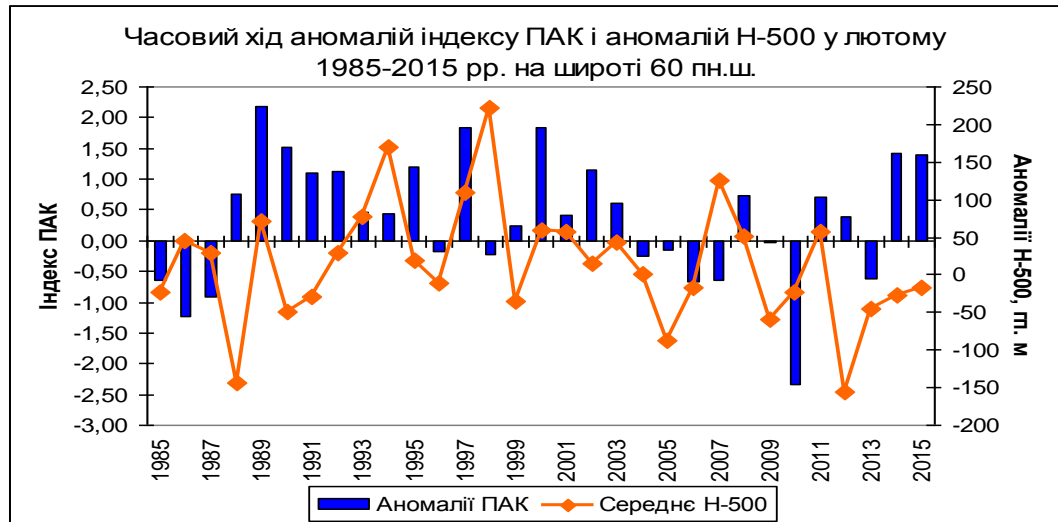


Рис. 4.9. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у лютому 1985-2015 рр. на широті 60° пн.ш.

На рис.4.10-4.12 - представлені графіки часового ходу для зимових місяців на широті 65° пн.ш. Так, в грудні (рис. 4.10) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1985-1988 рр. та 2013-2015 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1995-1997 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для грудня складає -0,07, він є незначущим.

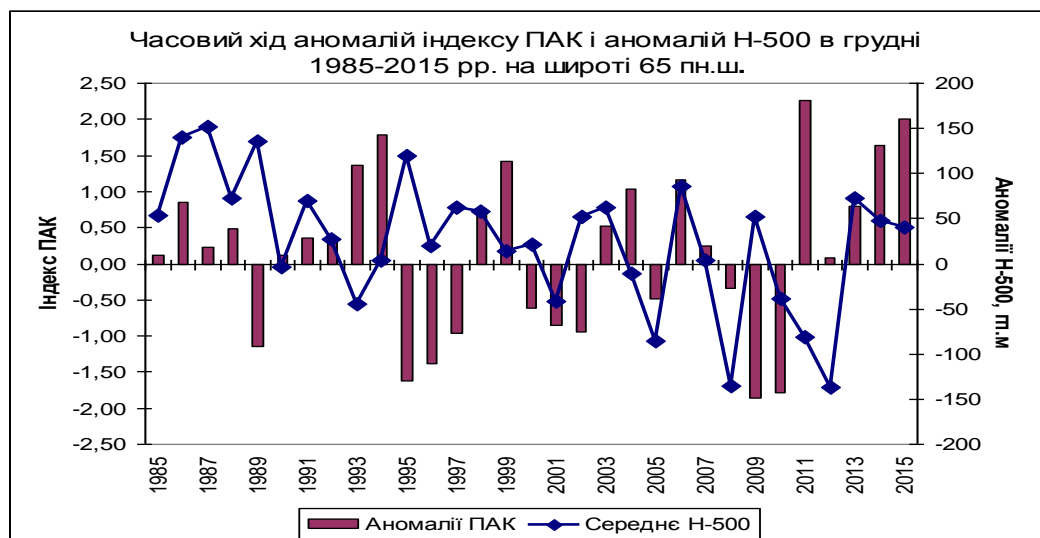


Рис. 4.10. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 в грудні 1985-2015 рр. на широті 65° пн.ш.

У січні (рис. 4.11) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1989-1991 рр. та 2010-2012 рр., в негативній фазі у 2010-2011 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1985-1988 рр. та 2004-2006 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для січня складає -0,14, він є незначущим.

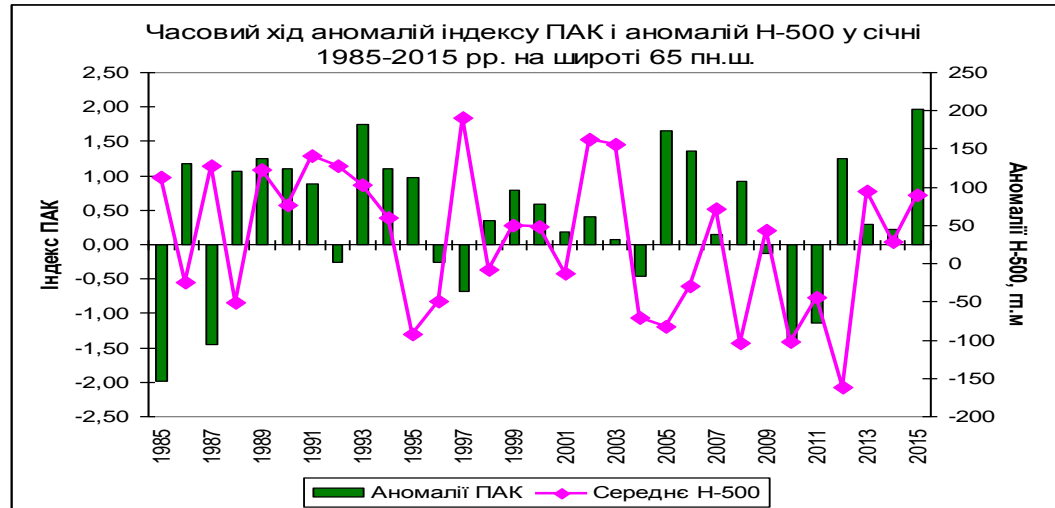


Рис. 4.11. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у січні 1985-2015 рр. на широті 65° пн.ш.

У лютому (рис. 4.12) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1993-1995 рр. та 2000-2003 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1990-1992 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для грудня складає 0,07, він є незначущим.



Рис. 4.12. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у лютому 1985-2015 рр. на широті 65° пн.ш.

На рис. 4.13-4.15 представлені графіки часового ходу для літніх місяців на широті  $60^{\circ}$  пн.ш. Так, в червні (рис. 4.13) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1994-1995 рр. та 2002-2003 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 2006-2008 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для червня складає 0,13, він є незначущим.



Рис. 4.13. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у червні 1985-2015 рр. на широті  $60^{\circ}$  пн.ш.

У липні (рис. 4.14) на коливання в одній позитивній фазі припали період 1985-1986 рр., в одній негативній фазі у 2007-2012 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1989-1990 рр. та 2002-2004 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для липня складає 0,02, він є незначущим.

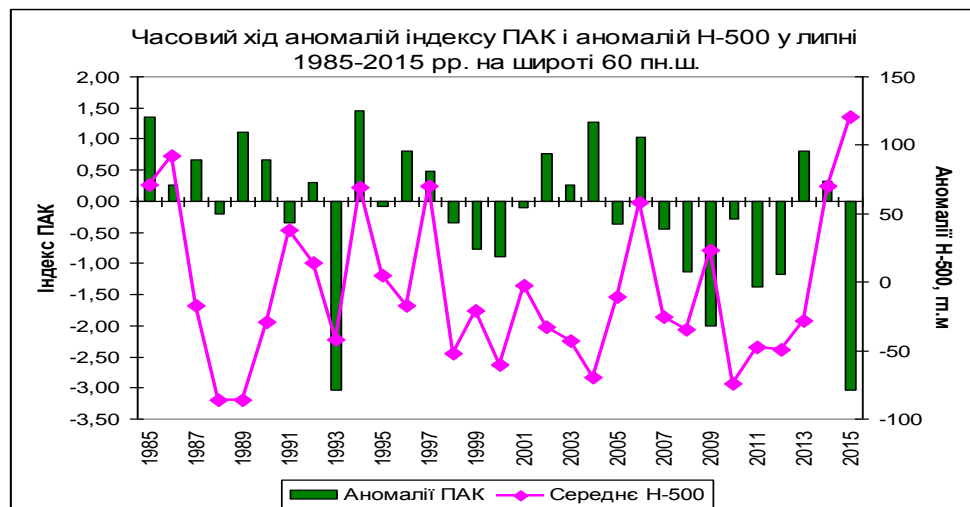


Рис. 4.14. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у липні 1985-2015 рр. на широті  $60^{\circ}$  пн.ш.

У серпні (рис. 4.15) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 1991-1992 рр. та 2001-2002 рр. В одній негативній фазі коливання відбувалися у 2006-2012 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1993-1999 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для серпня складає 0,21, він є незначущим.



Рис. 4.15. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у серпні 1985-2015 рр. на широті  $60^{\circ}$  пн.ш.

На широті  $65^{\circ}$  пн.ш. у червні (рис. 4.16) на коливання в одній позитивній фазі припали періоди 2001-2002 рр., у негативній фазі на 2011-2013 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1999-2000 рр. та 2005-2008 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для червня складає 0,13, він є незначущим.

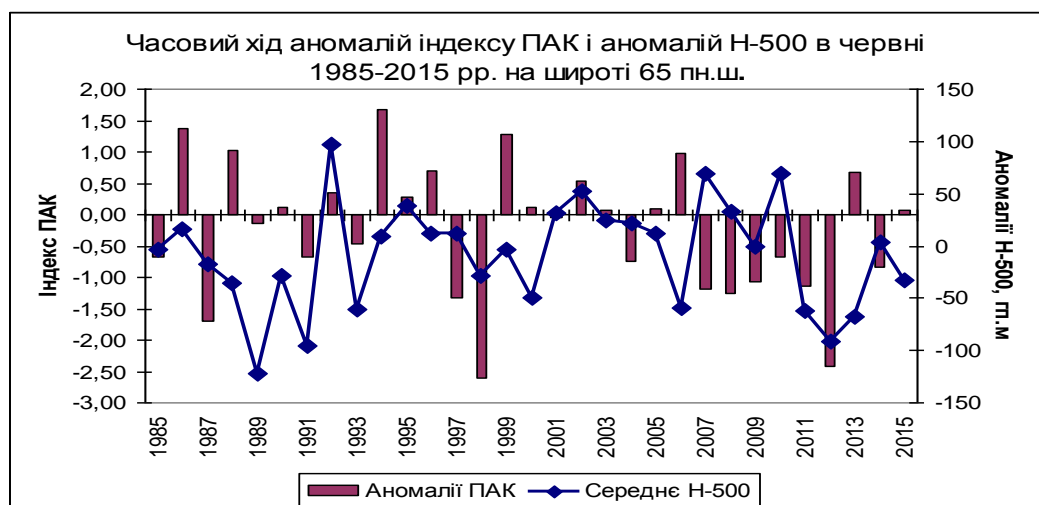


Рис. 4.16. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у червні 1985-2015 рр. на широті  $65^{\circ}$  пн.ш.

У липні (рис. 4.17) тривалих періодів коливання в одній позитивній фазі не було, на негативну фазу коливань припали періоди 1998-2001 рр. та 2007-2012 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 2002-2004 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для липня складає  $-0,14$ , він є незначущим.

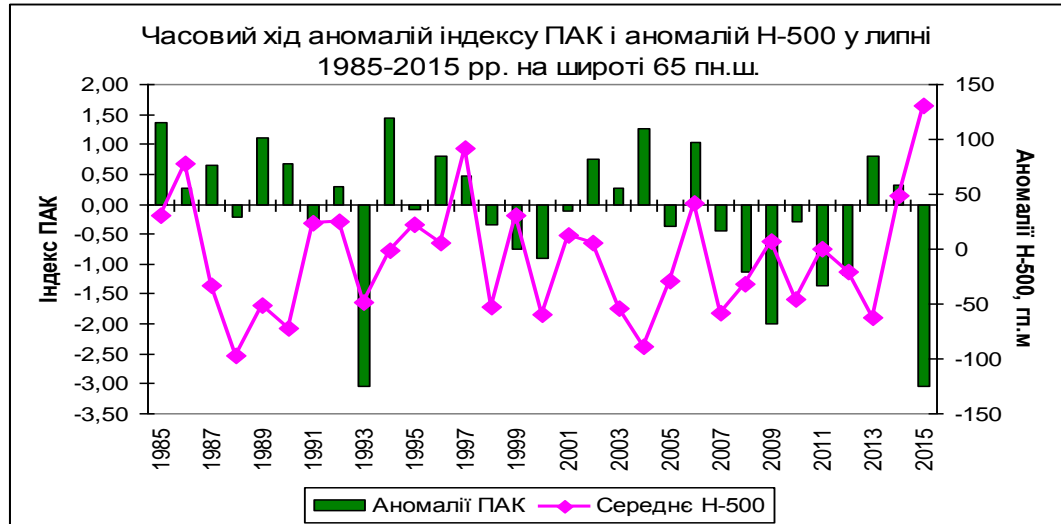


Рис. 4.17. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у липні 1985-2015 рр. на широті  $65^{\circ}$  пн.ш.

У серпні (рис. 4.18) як і в липні, тривалих періодів коливань в одній позитивній фазі не спостерігалось, а тривалим періодом коливань в негативній фаз був 2004-2006 рр. В чіткій протифазі аномалії коливалися в період 1988-1995 рр. Загалом, коефіцієнт кореляції для серпня складає  $0,04$ , він є незначущим.



Рис. 4.18. Часовий хід аномалій індексу Північноатлантичного коливання і аномалій Н-500 у серпні 1985-2015 рр. на широті  $65^{\circ}$  пн.ш.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті виконано дослідження динаміки аномалій висотного поля тиску в зимовий та літній періоди в районі Уральських гір протягом 1985-2015 рр., яке відображує умови формування блокуючих ситуацій в атмосфері.

Підсумовуючи вище викладене, можна зробити наступні висновки.

1. Процеси розглянутого регіону є сприятливими для утворення блоків більше в зимовий період через переважання позитивних місячних аномалій геопотенціальних висот  $H-500$ . Рік від року відбувається значне коливання цього параметру, але виявлені досить чіткі тенденції до зменшення або збільшення аномалій в різних точках Північного Уралу, які непрямим чином відображають умови наявності або відсутності блокування зональної течії.

2. Аналіз показав, що по всіх розглянутих районах спостерігалось зменшення аномалій геопотенціальних висот  $H-500$  протягом зимових місяців 1985-2015 рр. При цьому у лютому швидкість убування дещо менше, ніж в інші місяці. Окрім того, якщо на початку періоду переважали позитивні аномалії, що свідчить про високу повторюваність висотних гребенів в цьому районі, то після 2007-2008 рр. по всіх місяцях за трендом переважають негативні аномалії, які відповідають високій повторюваності висотних улоговин в цих районах. Тобто, інтенсивність блокуючих процесів в зимовий період в цьому районі зменшилася в поточному столітті.

3. В літні місяці переважають від'ємні аномалії геопотенціальних висот у червні і липні, при цьому за лінією тренду спостерігалось деяке зростання повторюваності позитивних аномалій в червні протягом періоду та майже практично відсутні зміни у липні. Тобто, виникнення тропосферних гребенів, які можуть бути пов'язані з блокуванням зонального потоку в ці місяці було більш частим процесом на початку періоду дослідження, наприкінці ХХ століття, але є тенденція до збільшення повторюваності цього процесу в червні. В серпні, навпаки, за трендом відбувалося зростання повторюваності негативних аномалій, що свідчить про зниження ймовірності процесів блокування наприкінці літа в цьому регіоні. Такі тенденції краще виражені на заході області, що розглядалася, а у східних точках тенденції до зміни геопотенціальних висот майже нульові протягом 30 років.

4. Аналіз динаміки фаз Північноатлантичного коливання в зимові та літні місяці 1985-2015 рр. показав, що в зимовий період переважають позитивні фази ПАК, при цьому за лінією тренду є деяке збільшення додатних значень індексу протягом досліджуваного періоду (окрім лютого). Це вказує непрямим способом на зменшення ймовірності виникнення блокуючих

процесів над континентом, що підтверджується аналізом динаміки аномалій геопотенціальних висот.

В літні місяці, навпаки, спостерігається стійка тенденція до переважання негативних фаз ПАК після 2000 року. За таких умов слід очікувати більш частого розвитку висотних гребенів над континентом, але яка показав проведений аналіз, їх локалізація, вочевидь, не співпадає з районом дослідження Уральських гір, де повторюваність позитивних аномалій геопотенціальних висот змінюється незначно.

5. Порівняльний аналіз динаміки аномалій індексу Північноатлантичного коливання та аномалій Н-500 в районі Уралу показав, що спостерігаються лише окремі періоди, в яких коливання обох параметрів синфазні. Взимку найбільш тривалими (2-3 роки поспіль) були періоди коливань в однаковій позитивній фазі (наприклад 1985-1988 рр. в січні) та протифазні періоди (наприклад, 2004-2006 рр. у січні). Влітку більш частими були протифазні коливання, особливо в період з 1985 по 2000 рр., а після 2005 р. в більшості точок спостерігалися синфазні коливання в негативній фазі.

Розраховані коефіцієнти кореляції між рядами місячних значень аномалій індексу ПАК та аномалій геопотенціальних висот Н-500 виявилися малими та незначущими, тому можна стверджувати, що безпосереднього стійкого статистичного зв'язку між Північноатлантичним коливанням та аномаліями геопотенціальних висот над Уральськими горами немає.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аристова Л.Н., Клещенко Л.К., Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Характеристики эпизодов блокирования в Северном и Южном полушариях // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 200-летию Казанского университета (Казань, 9-21 октября 2004 г.). 2004. С. 265-267.
2. Бардин М.Ю. Антициклоническая квазистационарная циркуляция и ее влияние на аномалии и экстремумы температуры воздуха в западных областях России // Метеорология и гидрология: 2007. №2. С. 5 - 18
3. Вангенгейм Г.Я. Опыт применения синоптических методов к изучению характеристики климата. М. Изд-во ЦУГМС, 1935. 112 с.
4. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л: Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
5. Гирс А.А., Кондратович К.В. Методы долгосрочных прогнозов погоды: Л. Гидрометиздат, 1978. 342с.
6. Голощак О.П. Западные и северо-западные блокирующие антициклоны и их взаимосвязь // Метеорология, климатология и гидрология 1999. №38. С. 176 -181.
7. Попова К. И. К вопросу о циркуляции атмосферы над Западной Сибирью в летний период // Труды геолого-географического общества. 1964. Вып. 164. С. 64-73.
8. Синоптико-климатическая характеристика процессов блокирования в атмосфере // Информационный центр ВНИИГМИ-МЦД: Обнинск 1989. Вып. 2. 47 с.
9. Таубер Г.М. О планетарном развитии блокирующих процессов // Метеорология и гидрология. 1969. № 3. С. 3 - 7.
10. Хохлов В.М. Энергетика атмосферы. Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2008. 62 с.
11. Шаповалова Н.С. Блокирующие образования в атмосфере // Труды ГМЦ СССР. 1991. Вып. 316. С. 68 – 73.
12. Rex D. F. Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. 1. An aerological study of blocking action // Tellus 1950. Vol. 2: N 3. P. 196 - 211.
13. Ивус Г.П., Ефимов В.А. Физика антициклогенеза. Київ: КНТ, 2005. 207 с.
14. Коровкина Л.В. Синоптико-климатическая характеристика процессов блокирования в атмосфере: Обзорная информация. Метеорология. Обнинск, 1988. 51 с.
15. Коровкина Л.В. Сравнительный анализ методов определения блокирующих ситуаций в атмосфере // Труды ВНИИГМИ: МЦД. 1989. Вып. 306. С. 106 - 112.

16. Шаповалова Н.С. Процессы блокирования зональной циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология. 1985. № 5. С. 22-31.
17. Шаповалова Н.С. Блокирующие образования в атмосфере // Труды ГМЦ СССР. 1991. Вып. 316. С. 68–73.
18. Кивганов.А.Ф., Голощак О.П. Антициклоны восточной Европы // Метеорология, климатология и гидрология. 1998. Вып. 35. С. 81-89.
19. Lejenas H., Okland H. Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long-time series of observational data. // Tellus. 1983. Vol. 35a. N 5. P. 350-362.
20. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Климатический мониторинг процессов блокирования западного переноса в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. 1991. № 8. 11-17.
21. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Сезонные особенности пространственного распределения индексов блокирования в Северном полушарии // Метеорология и гидрология 1991. № 3. 108-110.
22. 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.
23. Semenova I. G. Regional Atmospheric Blocking in the Drought Periods in Ukraine //Journal of Earth Science and Engineering. V. 3 (5). 2013. P. 341-348.
24. Хохлов В.Н., Романова А.В. Повторяемость блокирующих ситуаций над Европой в начале 21-го века // Метеорология, климатология та гидрология. 2005. Вип. 49. С. 82-87.
25. Нестеров Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. М.: Триада, лтд, 2013. 144 с.
26. Семенова И.Г. Колебания в поле давления в Атлантико-Европейском секторе за период 1980-2002 гг. // Метеорология, климатология та гидрология. 2004. Вип. 48. С.35-41.
27. Малинин В.Н., Гордеева С.М. Североатлантическое колебание и увлажнение европейской территории России // Общество. Среда. Развитие. 2014. № 2. С. 191-198.
28. Романова А.В. Хохлов В.Н. Пространственно–временные изменения озона над Европой, вызванные Североатлантическим колебанием // Метеорология, климатология та гидрология. 2010. Вип. 51. С. 145–151.
29. Hurrell J.W. Climate Variability: North Atlantic and Arctic Oscillation // Encyclopedia of Atmospheric Sciences. Academic Press, 2003. P. 439 - 445.
30. База даних індексу північноатлантичного коливання (ПАК) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml>

## ДОДАТОК А

## ДОВІДКА

про апробацію результатів наукового дослідження  
Мачкалової Діани Олександрівни

на тему „Умови блокування зональної течії над Східною Європою”

1. Результати дипломного проекту отримані в рамках наукової теми кафедри метеорології та кліматології “Просторово-часова динаміка екстремальних погодних явищ в Україні за умови змін клімату” (2016-2019 рр., № ДР 0116U002403). Зроблений в роботі аналіз аномалій висотного поля тиску за 1985-2015 рр. з виявленими періодами блокування в районі Уральських гір в зимовий та літній періоди увійде до щорічного звіту з НДР за 2017 рік, розділ „Характеристика типових синоптичних процесів, що призводять до формування екстремальних погодних явищ”.

2. Отримані в дипломному проекті результати щодо особливостей висотного поля тиску в районі Уральських гір можуть бути корисні при читанні лекцій з дисципліни „Регіональна синоптика та аномальні погодні явища”, а також при написанні розділу 4 підручника „Регіональна синоптика”, що стосується відомостей про просторово-часову розповсюдженість блокуючих процесів в атмосфері Атлантико-Європейського сектору.

3. Основні результати дослідження можуть бути рекомендовані до публікації в періодичних фахових наукових виданнях.

Науковий керівник,  
д.геогр.н., професор

І.Г. Семенова