

УДК 551.513

ОСОБЛИВОСТІ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ АТМОСФЕРНИХ ПРОЦЕСІВ НАД ПІВНІЧНОЮ АКВАТОРІЄЮ ТИХОГО ОКЕАНУ

Є.А. Галич, к. геогр. н., доцент
Б.А. Бондаренко, магістр

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, Galich_Eli@mail.ru

У статті розглянуті особливості статистичної структури полів приземного атмосферного тиску в північній частині Тихого океану за період 1957-2014 рр. Досліджено сезонну динаміку центрів дії атмосфери: алеутського мінімуму та гонолульського максимуму. Визначені головні компоненти полів приземного атмосферного тиску та проведений їх статистичний аналіз. Виявлені статистично значущі приховані періодичності у часових рядах головних компонент.

Ключові слова: структура полів тиску, центри дії, головні компоненти, періодичності.

1. ВСТУП

Дослідження змін клімату Землі в її окремих регіонах стає в останні роки одним з найголовніших пріоритетів гідрометеорологічної науки. На тлі чисельних публікацій з приводу «глобального потепління клімату» внаслідок «парникового ефекту» останнім часом формується напрямок, в якому надається велике значення вивченню закономірностей та причин динаміки квазістаціонарних баричних центрів дії атмосфери та індексів інтенсивності циркуляції атмосфери, таких як Північно-Атлантичне колювання (NAO) [1, 2], Південне колювання (SO) [3], Північно-Тихоокеанське та інші. Як виявилось, більша частина колювань клімату в різних регіонах Землі визначається саме виразністю центрів дії атмосфери та інтенсивністю зональних і меридіональних переносів в атмосфері, пов'язаних з ними.

Тому метою наших досліджень є визначення особливостей динаміки центрів дії атмосфери, інтенсивності циркуляційних процесів в Північно-Тихоокеанському регіоні та їх вплив на клімат прилеглих територій.

2. ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При дослідженні особливостей циркуляційних атмосферних процесів над північною акваторією Тихого океану були використані дані глобальної системи спостережень ECMWF ERA-40 середньомісячних значень приземного атмосферного тиску в вузлах регулярної сітки точок 2.5° на 2.5° , в секторі, обмеженому широтами $20^\circ - 70^\circ$ півн.ш. і меридіанами 160° сх.д. – 120° зах.д., за період 1979-2014 рр. [4].

Для дослідження статистичної структури полів приземного атмосферного тиску застосовували компонентний аналіз (метод «емпіричних ортогональних функцій») і методи теорії випадкових функцій [5].

На основі матриці коваріації (\mathbf{K}_x) був проведений компонентний аналіз, який дозволяє виявити важливі особливості структури та динаміки великомасштабних атмосферних процесів. Основне рівняння компонентного аналізу має вигляд

$$\mathbf{K}_x \mathbf{W}_i = \lambda_i \mathbf{W}_i, \quad (i = \overline{1, n}) \quad (1)$$

де λ_i – власні значення матриці коваріації; \mathbf{W}_i – відповідні власні вектори.

Як відомо, власні значення є дисперсіями σ_z^2 ортогональних компонент \mathbf{Z} досліджуваних полів, отриманих шляхом їх ортогонального перетворення в базисі власних векторів \mathbf{W} :

$$\mathbf{Z} = \mathbf{W}' \Delta \mathbf{X}, \quad (2)$$

де $\Delta \mathbf{X} = \{\Delta x_{ij}\}$, $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m})$ – матриця центрованих значень; $\mathbf{Z} = \{z_{ij}\}$, $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m})$ – матриця ортогональних компонент.

3. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Погоду та клімат північної частини Тихого океану та прилеглих областей в значній мірі визначає атмосферна циркуляція над океаном, яка складається з областей низького та високого тиску. Загалом треба відмітити, що центр циклонічної системи низького тиску розташовується у середньому за рік на півночі Беренгова моря, північніше Алеутських островів, тому він і отримав назву алеутського мінімуму.

Південніше, в районі Гавайських островів, розташований центр антициклонічної системи високого тиску, що має назву північнотихоокеанського або гонолульського максимуму тиску.

3.1 Поля середніх значень та мінливості

Розглядаючи зміни переміщення центрів дії атмосфери впродовж року, які представлені на рис. 1, можна відзначити, що найбільш північне положення алеутська депресія займає в літній сезон (липень-серпень) на відміну від попередніх досліджень [6], а найбільш південне – взимку (січень-лютий).

Також на рис. 1а видно, що мінімальний тиск в циклонічному вихорі спостерігається взимку

(грудень-лютий), а максимально високий – на початку літнього періоду (травень-червень).

В гонолульському антициклоні (рис. 1б) мінімум тиску спостерігається в лютому та жовтні, а максимум – у липні. Другий більш слабкий максимум у змінах тиску в центрі антициклону спостерігається в квітні. Найбільш північне положення гонолульський максимум тиску займає в червні й вересні, а найбільш південне – взимку (грудень-березень).

При цьому необхідно відмітити, що амплітуда коливання в антициклоніальному центрі (5.2 гПа) значно поступається за величиною розмаху змін тиску в сезонному ході алеутської депресії (13 гПа).

У змінах розташування центрів дії за довготою коливання ще більші. Алеутська депресія (рис. 1а) найменш східне положення займає влітку (червень-липень), а західне – восени (жовтень-листопад). Найбільш східне положення гонолульський максимум тиску займає взимку (грудень-лютий) (рис. 1б), а найзахідніше положення – в квітні та в місяці літнього сезону (червень-липень) на відміну від результатів отриманих Смірновим Н.П. [6] за період 1900 - 1995 рр.

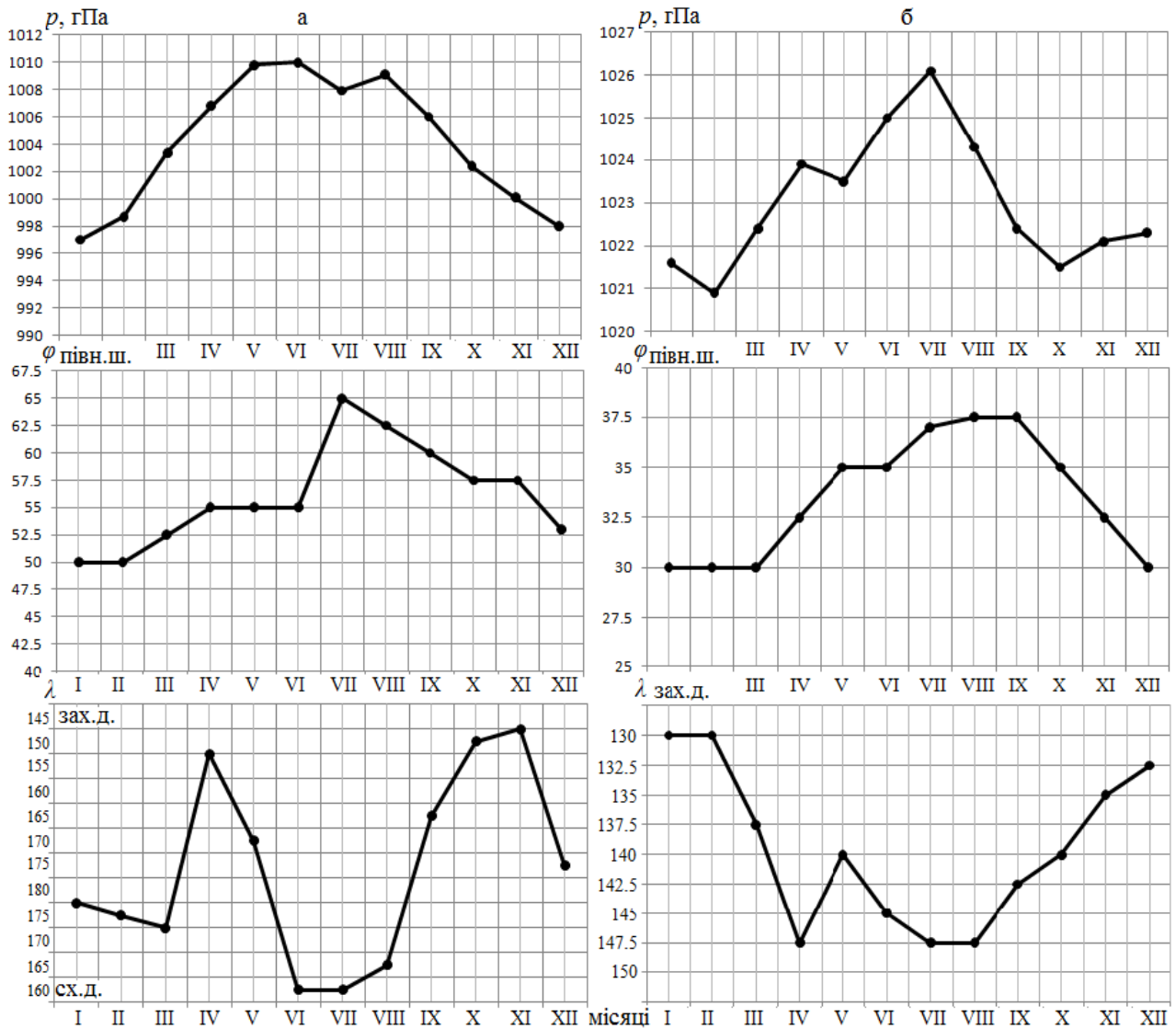


Рис. 1 – Сезонні зміни тиску, широти і довготи центрів дії атмосфери в північній частині Тихого океану: алеутська депресія (а); гонолульський максимум (б).

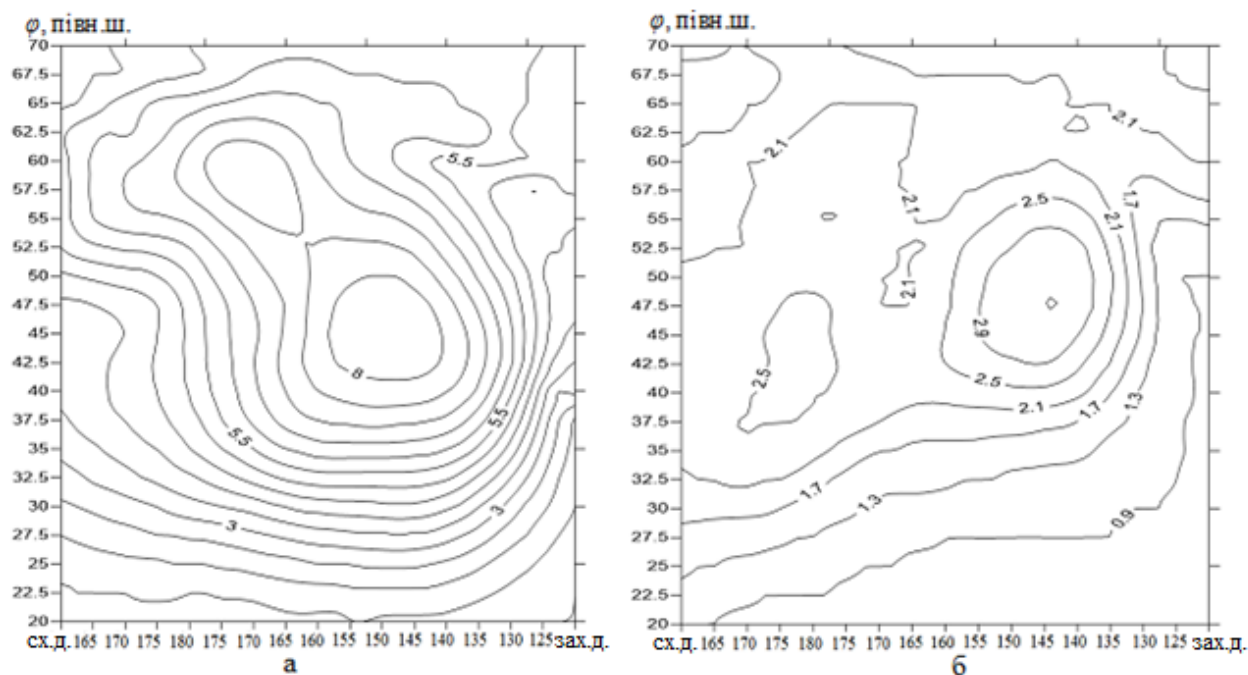


Рис. 2 – Поля середніх квадратичних відхилень приземного атмосферного тиску в січні (а) та липні (б).

Особливості полів мінливості приземного атмосферного тиску в різних областях досліджуваного регіону обумовлені виникненням та розвитком атмосферних вихорів.

Осереднений характер цих флуктуацій висвітлюють поля середніх квадратичних відхилень. В якості прикладу на рис. 2 представлені поля середніх квадратичних відхилень приземного атмосферного тиску для центральних місяців зимового та літнього сезонів.

Видно, що область максимальної мінливості змінює своє розташування впродовж року. Найбільших значень середні квадратичні відхилення (8 гПа) досягають у зимовий період (рис. 2а).

У квітні положення центру максимальної мінливості зміщується в північному напрямку, при цьому спостерігається зменшення масштабу її розповсюдження, а також величин середніх квадратичних відхилень. Така структури поля мінливості може бути пов'язана із зміною розташування алеутської депресії, яка теж зміщується в весняний період у північному напрямку.

Найменших значень середні квадратичні відхилення досягають в липні (рис. 2б), при цьому розташування області максимальної мінливості співпадає з антициклоніальним центром дії атмосфери характерним для цього періоду.

Восени значення середніх квадратичних відхилень полів приземного атмосферного тиску знову збільшуються (5,6 гПа) і центр максимальної мінливості знову зміщується в північному напрямку, де посилюється в цей період циклонічний центр дії атмосфери.

3.2 Компонентний аналіз полів приземного тиску

Важливі особливості структури та динаміки великомасштабних атмосферних процесів вдається виявити, застосовуючи компонентний аналіз. Шляхом рішення рівняння повної проблеми власних значень для матриць коваріації здійснено розкладання зазначених полів приземного тиску в базисі власних векторів.

Аналіз перших двох власних значень (рис. 3), які вичерпують більшу частину від сумарної дисперсії полів приземного тиску, вказує на те, що найбільша енергія циркуляційних процесів припадає на зимовий період (грудень-лютець), коли активується та досягає максимального розвитку циклонічний вихор (алеутський мінімум).

Найменша сумарна дисперсія спостерігається в літній сезон (червень-серпень), що може бути пов'язано зі зміщенням на північ алеутської депресії та розвитком антициклоніальної циркуляції майже над усім регіоном.

На рис. 3 видно, що перше власне значення вносить найбільший вклад у сумарну дисперсію полів приземного тиску, тому перший власний вектор, що відповідає цьому власному значенню, відбиває найбільш великомасштабні риси циркуляційних атмосферних процесів. В якості прикладу на рис. 4 представлені поля першого власного вектора приземного атмосферного тиску для центральних місяців зимового та весняного сезонів.

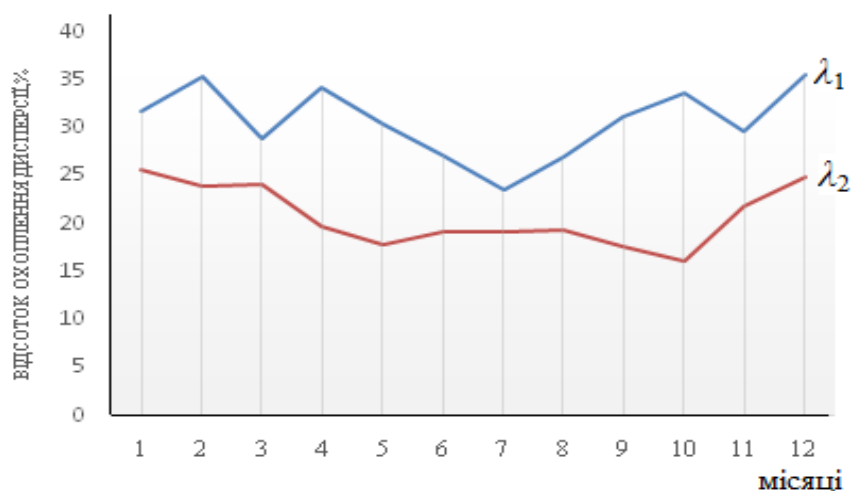


Рис. 3 – Відсоток охоплення перших двох власних значень полів приземного атмосферного тиску.

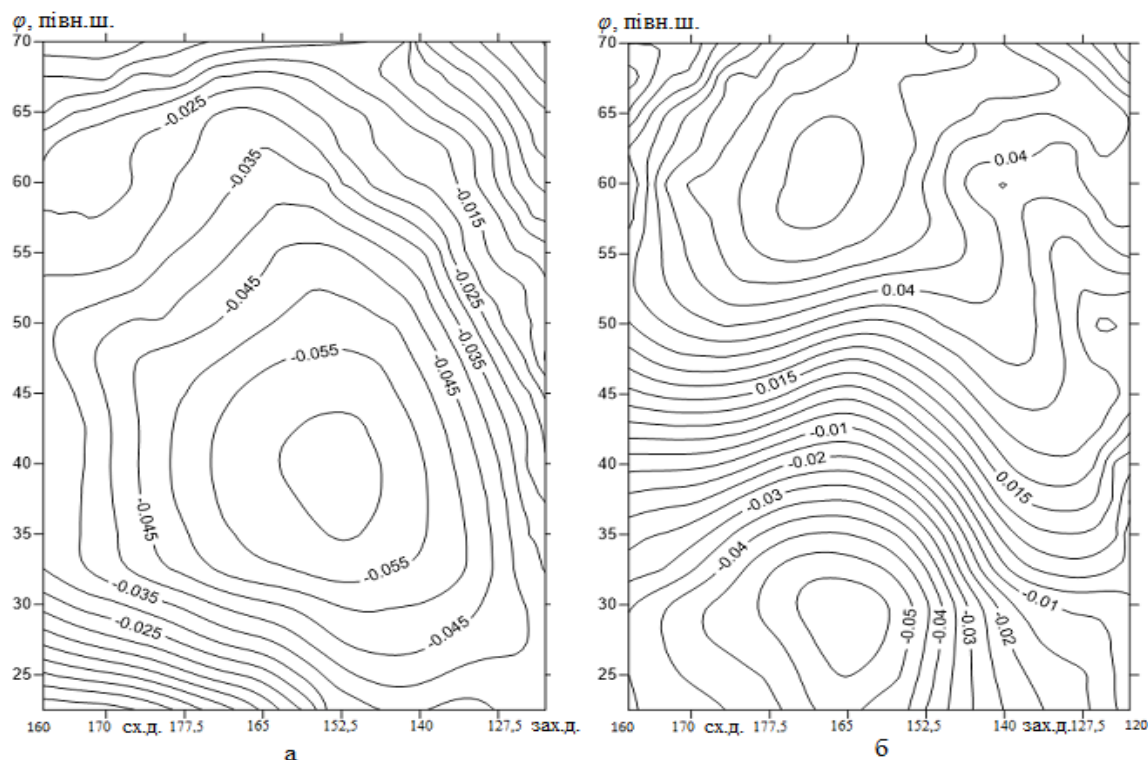


Рис. 4 – Поля першого власного вектора атмосферного тиску в січні (а) та квітні (б).

Поле першого власного вектора змінює свою конфігурацію впродовж року. В січні (рис. 4а) поле охоплює значна область від'ємних значень з центром 40° півн.ш. та 153° зах.д., яка співпадає з розташуванням циклонічного центру дії атмосфери (алеутського мінімуму).

Весною (рис. 4б) поле першого власного вектора розділяється на дві майже рівнозначні області з різними знаками в центрах. Така структура поля може відповідати розташуванням двох центрів дії: алеутського мінімуму та гонолульського максимуму.

У літній та осінній сезони, спостерігається не значна перебудова полів перших власних векторів, а саме зміщення центрів з протилежними знаками в широтному напрямку, що відповідає фактичному переміщенню центрів дії атмосфери.

3.3 Статистична структура часових рядів головних компонент полів приземного тиску

Шляхом ортогонального перетворення полів приземного атмосферного тиску в базису власних векторів отримані ортогональні компоненти $Z_i(t)$ (i

=1, 2). Для кожної компоненти були побудовані графіки часових рядів з дискретністю 1 місяць, довжина ряду склала 426 значень. На рис. 5, в якості прикладу, представлений графік першої головної компоненти $Z_1(t)$ приземного атмосферного тиску.

Аналіз часових рядів головних компонент приземного тиску дає підстави вважати, що кожен з них утримує в собі періодичні компоненти. Тому зроблена спроба відфільтрувати ці періодичності за допомогою інтегрального перетворення Фур'є [5].

Визначення періодичностей, характерних для процесів $Z_i(t)$ ($i = 1, 2$), базується на побудові верхньої довірчої границі для амплітуд з заданою ймовірністю. Періоди T_k гармонік ω_k , які відповідають пікам амплітуд A_k , що виходять за довірчу границю, ототожнюються з періодами гармонічних коливань, які утримуються в відповідному випадковому процесі $Z_i(t)$.

Результати розрахунків дали можливість отримати амплітудно-частотну характеристику $A(\omega_i)$ для $Z_1(t)$

кожного з процесів $Z_i(t)$ ($i = 1, 2$).

В якості прикладу на рис. 6 представлена амплітудно-частотна характеристика для часового ряду першої $Z_1(t)$ головної компоненти. Як показали дослідження, часовий ряд першої головної компоненти $Z_1(t)$ містить коливання з періодами 5 років, квазірічні, а також піврічні та сезонні гармоніки. Часовий ряд другої головної компоненти $Z_2(t)$ має коливання з періодами 1 рік, а також піврічні та сезонні періодичні коливання. Графіки часових рядів головних компонент містять не тільки коливання, які обумовлені циркуляційними процесами в даному регіоні, але й шумову компоненту, позбавлену від якої проводилося шляхом операції фільтрації за допомогою ковзного осереднення. В якості вагового множника використовувався косинус-фільтр [5].

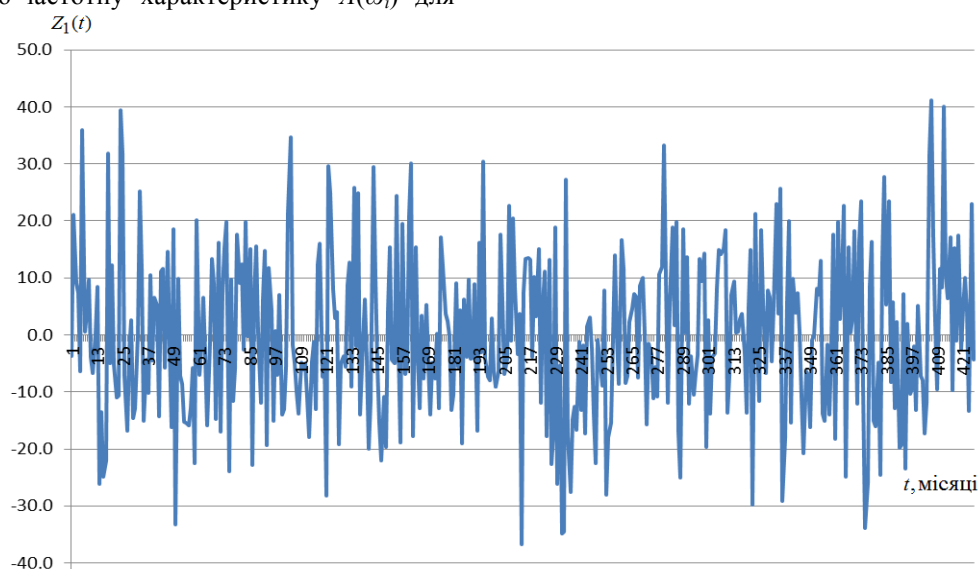


Рис. 5 – Часовий ряд першої головної компоненти приземного тиску за період 1979 – 2014 рр.

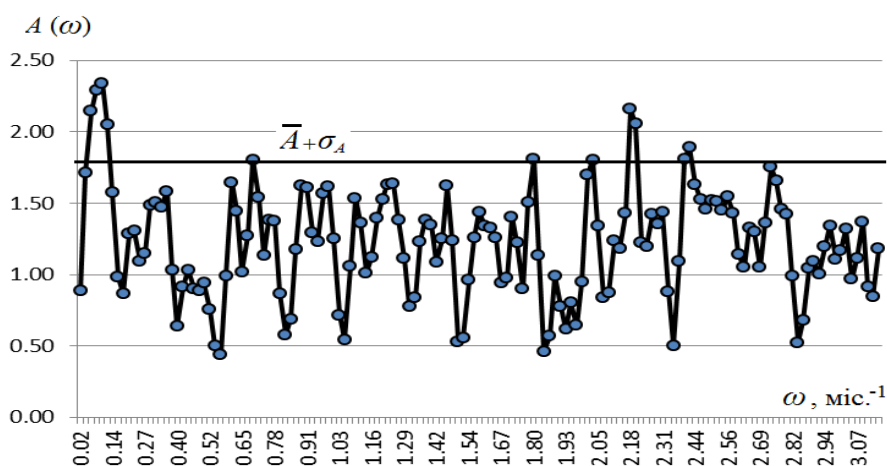


Рис. 6 – Амплітудно-частотна характеристика для часового ряду першої головної компоненти $Z_1(t)$

Аналіз періодичностей, виявлених в часових рядах головних компонент полів приземного атмосферного тиску, дає підстави проводити операцію згладжування для першої головної компоненти з періодом 5 років (60 точок), а для другої – з періодом 1 рік (12 точок).

На рис. 7 і 8 наводяться результати згладжування головних компонент. Аналіз згладженого часового ряду (рис. 7) вказує на те, що у випадковому процесі, який відповідає першій головній компоненті, спостерігається квазидесятирічна періодичність, а також п'ятилітні коливання. Згладжений часовий ряд другої головної компоненти (рис. 8) має гармоніки з 5-6 – річними періодами із змінною за часом амплітудою коливання. По піках амплітуд, які виділяються із загального рівня, виявляється ще й квазидесятирічне коливання. Крім того, має місце добре виражений тренд у бік зменшення

інтенсивності коливання. Відмічена трендова компонента, свідчить про те, що інтенсивність цього процесу зменшується. Визначений тренд у часовому ряді другої головної компоненти приземного тиску потребує додаткових досліджень, які ми проведемо в подальшій роботі.

Визначені довгоперіодні коливання (5 і 10 років), виявляються також в таких відомих осциляціях, як Північноатлантичне коливання (ПАК), Ель-Ніньо – Південне коливання (ЕНПК) і Північно – Тихоокеанське коливання (ПТОК), які, в багатьох наукових роботах [7, 8], пов'язують з коливанням інтенсивності сонячної активності. Деякі дослідження вказують на позитивну кореляцію між зростанням сонячної активності та розвитком антициклонів, а також посиленням циклонічних вихорів в широтній зоні 40 - 60°. Ясно також, що такий вплив на погоду та клімат не однаковий і навіть не однозначний в різних частинах планети.

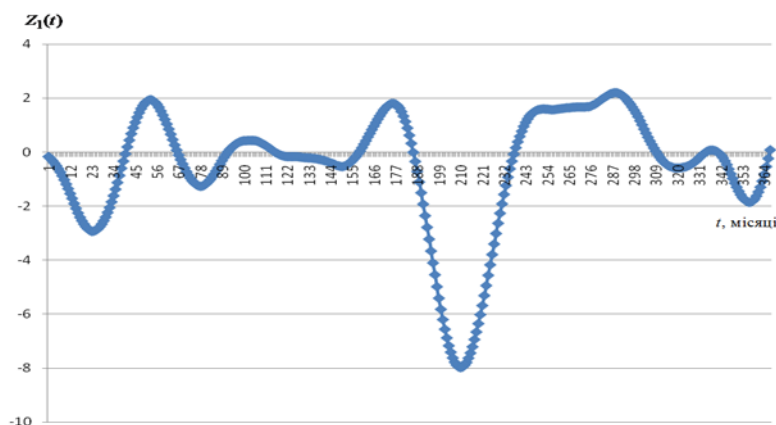


Рис. 7 – Згладжений часовий ряд першої головної компоненти приземного тиску за період 1979 – 2014 рр.

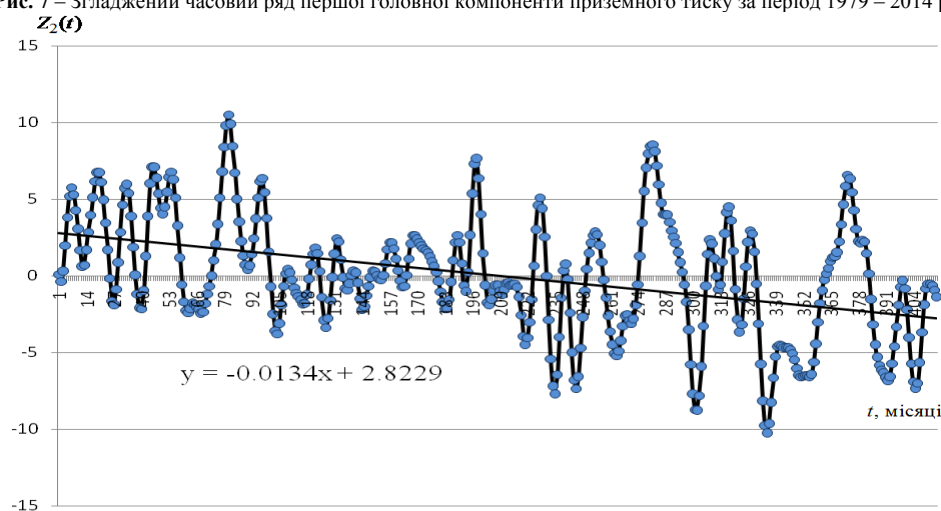


Рис. 8 – Згладжений часовий ряд другої головної компоненти приземного тиску за період 1979 – 2014 рр.

4. ВИСНОВКИ

Порівнюючи отримані результати, стосовно динаміки центрів дії атмосфери в північній частині Тихого океану, з попередніми науковими дослідженнями [6, 9, 10], треба відмітити, що в останнє 36 річчя спостерігається значне переміщення алеутської депресії на північ, розташування якої, як відомо, впливає на погоду та клімат Північно-Тихоокеанського регіону. Виявлені важливі особливості структури та динаміки великомасштабних циркуляційних атмосферних процесів Північно-Тихоокеанського регіону, а саме приховані періодичності й тренд зменшення інтенсивності амплітуди коливання в часовому ряді другої головної компоненти. Отримані результати є основою для подальших досліджень в рамках науково-дослідної роботи кафедри.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бардин М.Ю. Североатлантическое колебание и синоптическая изменчивость в Европейско-Атлантическом регионе в зимний период / М.Ю. Бардин, А.Б. Полонский // Изв. РАН. Сер. Физика атмосферы и океана.- 2005. Вып. 41, №2.- С. 141-157.
2. Воскресенская Е.Н. Североатлантические колебания и их связь с Эль-Ниньо-Южными осцилляциями / Е.Н. Воскресенская, А.Б. Полонский // Мор.гидрофиз. журн.-1992. №4.- С. 23-30.
3. Сидоренков Н.С. Характеристики явления Эль-Ниньо-Южное колебание / Н.С. Сидоренков // Тр. Гидрометцентра СССР.- 1991.-Вып. 316.-С. 31-44.
4. Служба данных ECMWF ERA-40 [Електронний ресурс].- Режим доступа к журналу.: <http://www.ecmwf.int/products/data>.
5. Школьный С.П. Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / С.П. Школьный, І.Д. Лоева, Л.Д. Гончарова.- К.: Міносвіти України, 1999.- 578 с.
6. Смирнов Н.П. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана / Н.П. Смирнов, В.Н. Воробьев.- СПб.: РГГМУ, 2002.- 122 с.

7. Герман Дж.Р. Солнце, погода и климат / Дж.Р. Герман, Р.А. Голдберг. – Л.: Гидрометеониздат, 1981.- 417 с.
8. Мак-Кормак Б. Солнечно-земные связи, погода и климат/ Б. Мак-Кормак, Т. Селиги. – М.: «Мир», 1982.- 547 с.
9. Latif M., Barnett T. Causes of Decadal climate variability over the North Pacific and North America. *Science*, 1994, vol. 266, pp. 634-637.
10. Minobe S. Bidecadal and pentadecadal climatic oscillation over the North Pacific and North America. *J.Fac. Sci.Hokkaido Univ.Ser.*, 1998, vol. 11, no 2, pp. 393-409.

REFERENCES

1. Bardin M.Iu., Polonskyi A.B. *Yzvestye RAN Seryia Fyzyky atmosfery y okeana -News RAS Atmospheric and Oceanic Physics*, 2005, vol. 41, no 2, pp. 141-157.
2. Voskresenskaia E.N., Polonskyi A.B. *Morskoi hydrofyzichesky zhurnal- Marine Hydrophysical Journal*, 1992, no 4, pp. 23-30.
3. Sidorenkov N.S. *Trudy hydromettsentra SSSR - Proceedings of the Hydrometeorological Center of the USSR*, 1991, vol. 316. pp. 31-44.
4. *Sluzhba dannikh ECMWF ERA-40*. Available at: <http://www.ecmwf.int/products/data>.
5. Shkolnyi Ie.P., Loeva I.D., Goncharova L.D. *Obrobka ta analiz hidrometeorolohichnoi ynformatsii* [Processing and analysis of data the hydrometeorological]. Kiiv,1999. 578 p.
6. Smirnov N.P., Vorobev V.N. *Severo-Tykhookeanskoe kolebanye y dynamyka klymata v severnoi chasty Tykhoho okeana* [North Pacific Oscillation and climate dynamics in the North Pacific]. St. Petersburg: RSGU, 2002. 122 p.
7. German Dj.P., Golberg P.A. *Solntse, pohoda y klymat* [The sun, the weather and climate]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1981. 417 p.
8. Mak-Kormak B., Seligi T. *Solnechno-zemnie svyazy, pohoda y klymat* [Solar-terrestrial relations, weather and climate]. Moscow, 1982. 547 p.
9. Latif M., Barnett T. Causes of Decadal climate variability over the North Pacific and North America. *Science*, 1994, vol. 266, pp. 634-637.
10. Minobe S. Bidecadal and pentadecadal climatic oscillation over the North Pacific and North America. *J.Fac. Sci.Hokkaido Univ.Ser.*, 1998, vol. 11, no 2, pp. 393-409.

FEATURES OF CIRCULATING ATMOSPHERIC PROCESSES OVER THE NORTHERN REGION OF PACIFIC OCEAN

E.A. Galich, cand. geogr. sciences, associate professor
B.A. Bondarenko, mag.

Odessa State Environmental University
15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, Galich_Eli@mail.ru

Introduction. Studies in the field of climate changes of the Earth and its regions are one of the main priorities for Earth science in recent years. Among numerous works on the "global warming" subject, the direction, in which close attention is paid to the study of mechanisms and causes of dynamics of quasi-

stationary atmosphere action centers and atmospheric circulation indices, is recently formed.

Results. In the paper the features of the statistical structure of surface atmospheric pressure fields in the Northern Pacific are described for the period of 1957-2014. The seasonal dynamics of atmospheric activity centers such as Aleutian Depression and Honolulu High are studied. For systems of baric centers in the Pacific Ocean development of its characteristics in natural orthogonal functions are carried out. The principal components of the fields of atmospheric surface pressure are obtained and their statistical analysis is conducted. Using the Fourier transform method, statistically significant hidden periodicities are revealed in the time series of the principal components. By means of smoothing of time series of the principal components, long-term fluctuations and trends are determined.

Keywords: structure pressure fields, centers of action, main components, periodicity.

ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ НАД СЕВЕРНОЙ АКВАТОРИЕЙ ТИХОГО ОКЕАНА

Е.А. Галич, к. геогр. н., доцент

Б.А. Бондаренко, магистр

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, Galich_Eli@mail.ru*

В статье рассмотрены особенности статистической структуры полей приземного атмосферного давления в северной части Тихого океана за период 1957-2014 гг. Исследована сезонная динамика центров действия атмосферы: алеутского минимума и гонолульского максимума. Определены главные компоненты полей приземного атмосферного давления и проведен их статистический анализ. Используя метод, основанный на интегральном преобразовании Фурье, выявлены статистически значимые скрытые периодичности во временных рядах главных компонент. С помощью процедуры сглаживания временных рядов главных компонент выявлены долгопериодные колебания и трендовые составляющие.

Ключевые слова: структура полей давления, центры действия, главные компоненты, периодичности.

Дата першого подання: 15.06.2015

Дата надходження остаточної версії: 23.06.2015

Дата публікації статті: 24.09.2015