

Показані особливості впливу Ель-Ніньо-Південного Коливання на формування полів загального вмісту озону. Визначені статистично значущі періоди взаємодій між параметром Ель-Ніньо, яким є нормалізована різниця атмосферного тиску між пунктами Дурбін і Таїті, та головними компонентами полів загального вмісту озону.

Ключові слова: Ель-Ніньо-Південне Коливання, загальний вміст озону, головні компоненти.

ОСОБЛИВОСТІ ЗВ'ЯЗКІВ ЕЛЬ-НІНЬО-ПІВДЕННОГО КОЛИВАННЯ ІЗ ЗАГАЛЬНИМ ВМІСТОМ ОЗОНУ У ЗАХІДНОМУ СЕКТОРІ ПІВДЕННОЇ ПІВКУЛІ

Загальна постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.

Протягом останніх десятиріч явище Ель-Ніньо-Південне Коливання і його впливи на атмосферні процеси ретельно вивчаються багатьма вченими. Є докази того, що Ель-Ніньо-Південне Коливання (ЕНПК) чинить вплив на розвиток процесів не тільки у тропічній зоні Західного сектора південної півкулі, але й пов'язане з відповідними атмосферними явищами в різних регіонах [1]. Як показано в [1], значні кореляційні зв'язки на різних часових інтервалах спостерігаються між параметром Південного Коливання (ПК), яким є нормалізована різниця атмосферного тиску між пунктами Дурбін і Таїті, та циркуляційним режимом у південній півкулі взагалі і її західними регіонами в особливості. Оскільки, як зазначається у роботі [2], добре проявляються статистичні зв'язки між циркуляційними процесами різних масштабів й компонентами полів загального вмісту озону (ЗВО) в стратосфері Західного сектора південної півкулі, є сенс розглянути питання про статистичні зв'язки між ЕНПК, з одного боку, та полями концентрації озону з іншого боку. Для цього був застосований взаємний спектральний аналіз між зазначеними вище параметром Південного Коливання й першими трьома головними компонентами полів ЗВО, які охоплюють, як було показано в роботі [3], більшу частину сумарної дисперсії цих полів.

Матеріали і методи дослідження. Для дослідження взаємозв'язків між полями загального вмісту озону та явищем Ель-Ніньо-Південне Коливання були використані головні компоненти полів ЗВО [3] та параметр Південного Коливання (ПК) [4].

У якості методу дослідження взаємозв'язків між параметром Південного Коливання та головними компонентами полів ЗВО, був використаний метод взаємного спектрального аналізу [5].

Характер взаємозв'язку між двома випадковими функціями визначають взаємна коваріаційна – $K_{xy}(t_i; t_j)$ та взаємна кореляційна – $R_{xy}(t_i; t_j)$ функції.

Для системи випадкових процесів розглядаються взаємні спектральні щільності $S_{x_i x_j}(\omega)$, які є перетвореннями Фур'є від відповідних взаємних коваріаційних функцій. Взаємна спектральна щільність є функцією комплексною:

$$S_{x_i x_j}(\omega) = C_{x_i x_j}(\omega) - iQ_{x_i x_j}(\omega), \quad (1)$$

де: $C_{x_i x_j}(\omega)$ – ко-спектр, $Q_{x_i x_j}(\omega)$ – квадратурний спектр.

Ко-спектр характеризує розкладання по частотах енергії синхронної взаємодії процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$. Квадратурний спектр характеризує розподіл по частотах енергії несинхронної взаємодії процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$.

Модуль взаємної спектральної щільності

$$\left| S_{x_i x_j}(\omega) \right| = \sqrt{C_{x_i x_j}^2(\omega) + Q_{x_i x_j}^2(\omega)} \quad (2)$$

називають амплітудним спектром, а функцію

$$\psi_{x_i x_j}(\omega) = \arctg \left[\frac{Q_{x_i x_j}(\omega)}{C_{x_i x_j}(\omega)} \right] \quad (3)$$

– фазовим спектром.

Фазовий спектр визначає відставання по фазі процесу $X_j(t)$ від процесу $X_i(t)$ за умови, що величину $\psi_{x_i x_j}(\omega)$ вважають додатною від 0° до 180° і відставання $X_i(t)$ від $X_j(t)$, якщо фазовий спектр є від'ємним, тобто розташовується в межах від 180° до 360° [5].

Щоб перейти до одиниць часу використовують формулу

$$\psi_{x_i x_j}^\tau(\omega) = \frac{T_k}{360^\circ} \psi_{x_i x_j}^0, \quad (4)$$

де $\psi_{x_i x_j}^0(\omega)$ – зсув фаз між двома процесами в градусах; T_k – період коливання в одиницях часу, який відповідає частоті ω_k і розраховується як

$$T_k = \frac{N_1 \Delta t}{k}, \quad (5)$$

де $N_1 = 2^m$, $m = 1, 2, \dots, 3 \dots$

При частотному зображенні процесів з'являється можливість порівняти взаємну енергію на фіксованій частоті з енергіями кожного з процесів на цій же частоті за допомогою такого співвідношення:

$$\gamma(\omega) = \sqrt{\frac{C_{x_i x_j}^2(\omega) + Q_{x_i x_j}^2(\omega)}{S_{x_i}(\omega) S_{x_j}(\omega)}}. \quad (6)$$

Дана величина має сенс спектрального коефіцієнта взаємної кореляції процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$, який визначає тісноту кореляційного зв'язку між цими процесами на

фіксованих частотах. Вона має назву когерентності і може набувати значень від 0 до 1 [5].

Результати дослідження та їх аналіз. В ході дослідження були отримані та проаналізовані ко-спектри, квадратурні, амплітудні й фазові спектри, а також когерентності.

Амплітудні спектри індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та перших трьох головних компонент загального вмісту озону представлені на рисунках 1 – 3.

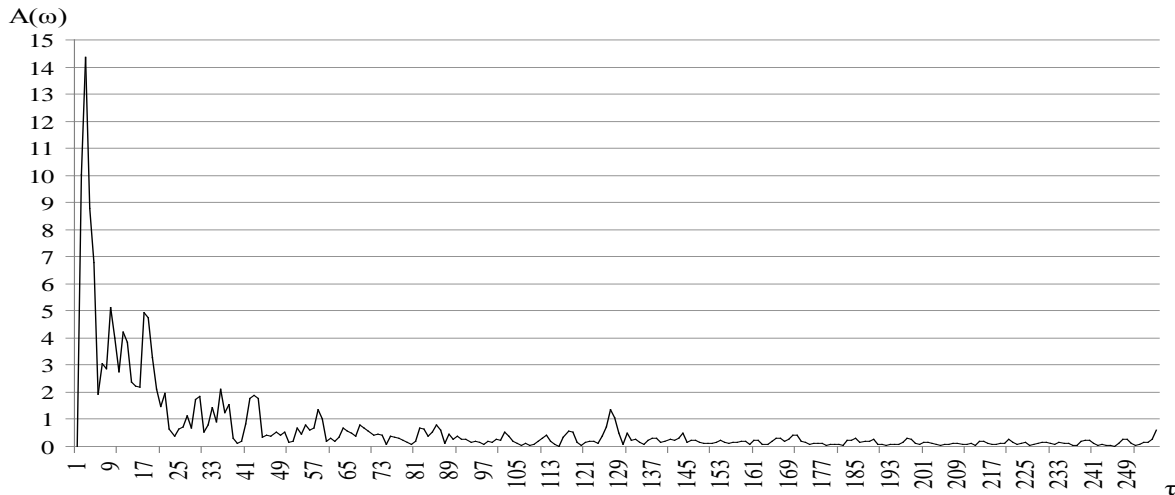


Рис. 1 – Амплітудний спектр індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та першої головної компоненти ЗВО.

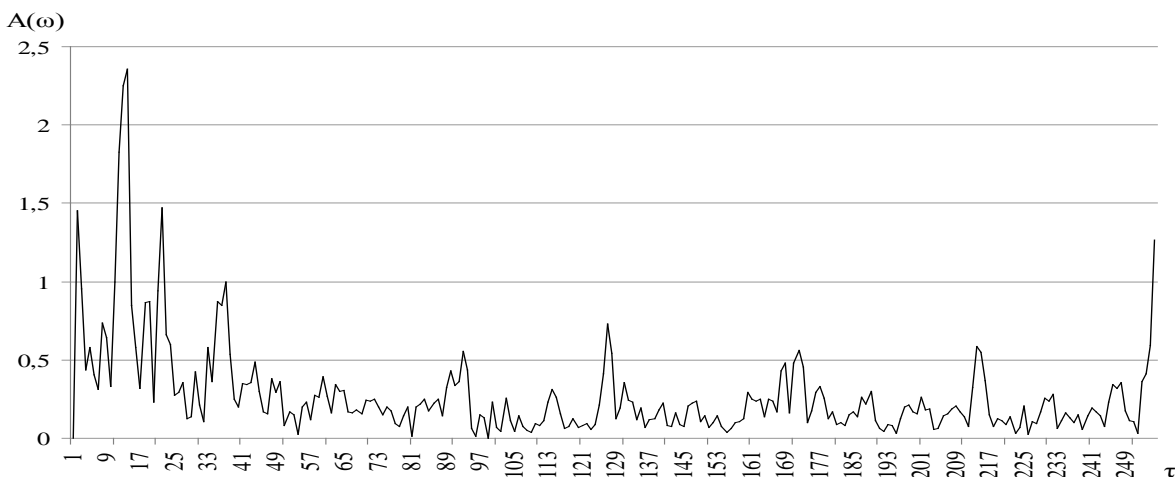


Рис. 2 – Амплітудний спектр індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та другої головної компоненти ЗВО.

У табл. 1 представлені характеристики взаємозв'язків між параметрами ПК і першою головною компонентою ЗВО.

Як свідчить табл. 1, спостерігаються річний, піврічний та сезонні періоди взаємодії з великими когерентностями. У всіх цих випадках процес ПК, який полягає у перерозподілі мас повітря в тропічних широтах між акваторіями Тихого та Індійського океанів, відбувається раніше, ніж великомасштабні зміни полів ЗВО.

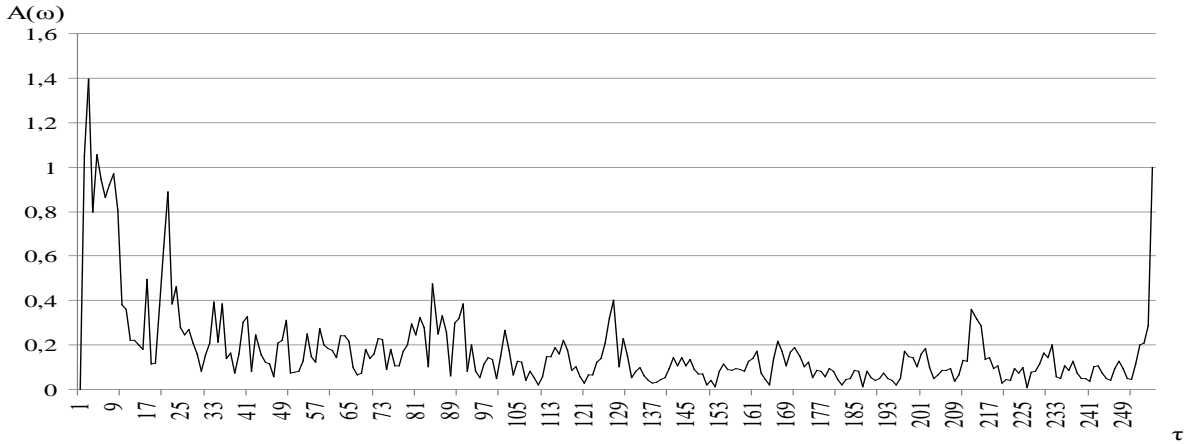


Рис. 3 – Амплітудний спектр індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та третьої головної компоненти ЗВО.

Таблиця 1 – Характеристики взаємозв'язків між параметрами ПК і першою головною компонентою ЗВО

№ п/п	T_K , місяць	T_K , рік	$A(\omega)$	$\gamma(\omega)$	$\psi(\omega)$, град.	ψ , місяць	ψ , рік
1	28,4	2,37	4,74	0,93	249,6	19,7	1,6
2	17,07	1,42	1,85	0,93	135,0	6,4	0,5
3	10,07	0,89	0,53	0,88	16,6	0,49	–
4	6,24	0,52	0,69	0,83	53,7	0,93	–
5	3,74	0,31	0,29	0,85	85,4	0,89	–
6	30,7	0,26	0,29	0,83	1,15	0,01	–
7	2,32	0,19	0,27	0,99	7,46	0,05	–

Оскільки, як було сказано, ПК чинить вплив на циркуляційні процеси у Західному секторі південної півкулі, а циркуляційні процеси в стратосфері є одним з факторів великомасштабних особливостей ЗВО, то попередження перерозподілу мас повітря у тропічних широтах і дає зазначений взаємозв'язок з великомасштабними характеристиками полів ЗВО.

У табл. 2 представлені характеристики взаємозв'язків між параметрами ПК і другою головною компонентою ЗВО.

Таблиця 2 – Характеристики взаємозв'язків між параметром ПК і другою головною компонентою ЗВО

№ п/п	T_K , місяць	T_K , рік	$A(\omega)$	$\gamma(\omega)$	$\psi(\omega)$, град.	ψ , місяць	ψ , рік
1	23,27	1,94	1,47	0,71	60,7	3,9	–
2	10,7	0,89	0,38	0,73	175,0	5,1	–
3	7,11	0,59	0,25	0,90	1,3	0,03	–
4	5,69	0,47	0,43	0,83	37,5	0,60	–
5	2,71	0,23	0,30	0,99	168,26	1,3	–
6	2,21	0,18	0,28	0,96	5,6	0,03	–

Як і у випадку з першою головною компонентою, проявляється взаємодія між ЕНПК та другою компонентою полів ЗВО, яка віддзеркалює аномалії розподілу озону у Західному секторі південної півкулі [3].

Квazірічний, піврічний та сезонні періоди взаємодії чітко проявляються сплесками взаємного енергетичного спектра та високими значеннями когерентностей. Періоди в межах річних взаємодій відзначаються тим, що прояв ЕНПК випереджає прояв аномалій ЗВО, а взаємодія на піврічному й менших періодах відбувається майже синхронно.

Третя головна компонента полів ЗВО у Західному секторі південної півкулі характеризується дисперсією, близькою до дисперсії другої компоненти, і дає порівняно невеликий внесок в еволюцію цих полів. Тим паче, становить інтерес вивчити, чи є взаємодія явища ЕНПК з характеристиками структури полів ЗВО, а якщо є, то на яких періодах взаємодії.

Аналіз відповідного амплітудного спектра (рис. 3) і спектра когерентності дав можливість виявити періоди, на яких великим (близьким до одиниці) когерентностям відповідають сплески амплітудного спектра, тобто частинні максимуми енергії взаємодії. Для них на основі фазового спектра були визначені зсуви за фазою між розглядуваними процесами. Результати аналізу містяться у табл. 3.

Таблиця 3 – Характеристики взаємозв'язків між параметрами ПК і третьою головною компонентою ЗВО

№ п/п	T_K , місяць	T_K , рік	$A(\omega)$	$\gamma(\omega)$	$\psi(\omega)$, град.	ψ , місяць	ψ , рік
1	23,27	1,97	0,89	0,97	36,14	2,34	–
2	10,24	0,85	0,31	0,97	37,47	1,04	–
3	7,11	0,59	0,23	0,92	95,18	1,88	–
4	3,53	0,29	0,14	0,82	41,85	0,41	–
5	2,40	0,20	0,36	0,97	31,92	0,20	–

З табл. 3 випливає, що найбільшим періодом взаємодії є квазидворічний період, причому йому притаманна порівняно найбільша енергія взаємодії. Характеристики інших періодів взаємодії – квазирічної, піврічної й сезонних мало відрізняються від відповідних, розглянутих вище характеристик тих самих періодів взаємодії між явищем ЕНПК і другою компонентою полів ЗВО. Це пояснюється тим, що дисперсії другої й третьої головних компонент полів ЗВО, по-перше, дають, порівняно з першою головною компонентою, незначний внесок в сумарну дисперсію полів, по-друге, вони мало відрізняються за величиною одна від одної і, по-третє, і та і інша характеризують маломасштабні аномалії цих полів.

Висновки. В результаті дослідження статистичних взаємозв'язків між параметром Південного Коливання й першими трьома головними компонентами полів ЗВО були виявлені взаємодії з великими когерентностями.

Між параметром ПК та першою головною компонентою спостерігаються річний, піврічний та сезонні періоди взаємодії.

Взаємозв'язки індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та другої головної компоненти ЗВО проявляються з квазирічним, піврічним та сезонними періодами. Періоди в межах річних взаємодій відзначаються випередженням прояву ЕНПК, а взаємодія на піврічному й менших періодах відбувається майже синхронно.

Найбільшим періодом взаємодії параметра ПК та третьої головної компоненти загального вмісту озону є квазидворічний. Крім цього спостерігаються зв'язки з періодами близько року, піврічні та сезонні.

Список літератури

1. *Е.А.Галич, Е.П. Школьный* Особенности взаимосвязи между основными осцилляционными механизмами общей циркуляции атмосферы // *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. – Одеса. – 2008. – Вип. 50. Ч.1. – С. 36 – 43.
2. *Бургаз О.А.* Особливості взаємозв'язків полів загального вмісту озону та циркуляційних процесів у стратосфері західного сектора південної півкулі // *Український гідрометеорологічний журнал* – Одеса. – 2012. – №10. – С. 50 – 57.
3. *Школьный Е.П., Бургаз А.А., Галич Е.А.* Статистическая структура полей общего содержания озона в атмосфере западного сектора южного полушария // *Український гідрометеорологічний журнал* – 2010. – №6. – С. 35 – 53.
4. Служба даних CPC/NCEP [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журналу <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysismonitoring>
5. *Школьный Е.П., Лоева И.Д., Гончарова Л.Д.* Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації: Підручник – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.

Особенности связей Эль-Ниньо-Южного Колебания с общим содержанием озона в западном секторе южного полушария. Бургаз А.А.

Показаны особенности влияния Эль-Ниньо-Южного Колебания на формирование полей общего содержания озона. Определены статистически значимые периоды взаимодействий между параметром Эль-Ниньо, который является нормализованной разницей атмосферного давления между пунктами Дурбин и Таити, и главными компонентами полей общего содержания озона.

Ключевые слова: Эль-Ниньо-Южное Колебание, общее содержание озона, главные компоненты.

Intercommunications features of El Niño-Southern Oscillation with the total ozone in the Southern Hemisphere western sector. Burgaz A.A.

The features of El Niño-Southern Oscillation influencing on forming of total ozone fields are shown. The statistically significant interactions periods between El Niño parameter, which is atmospheric pressure normalized difference between Tahiti and Durbin points and main components of total ozone fields are determined.

Keywords: El Niño-Southern Oscillation, ozone general maintenance, main components.