

ГЕОГРАФІЧНІ НАУКИ

УДК 551.510.534

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ЕЛЬ-НІНЬО-ПІВДЕННОГО КОЛИВАННЯ ІЗ ЗАГАЛЬНИМ ВМІСТОМ ОЗОНУ У ЗАХІДНОМУ СЕКТОРІ ПІВДЕННОЇ ПІВКУЛІ

Бургаз О.А.

Одеський державний екологічний університет

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.

Постановка проблеми. 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 сектору південної півкулі, але й пов'язане з відповідними атмосферними явищами в різних регіонах [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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.

Великомасштабна вихрова складова циркуляції в стратосфері чинить вплив на характер найбільш значної за масштабом структуру полів загального вмісту озону (ЗВО) у західному секторі південної півкулі, яку віддзеркалює перша компонента цих полів. Великою енергією взаємодії й значним кореляційним зв'язком характеризуються квазіодинадцятирічний період, що збігається з періодом процесів на Сонці, а також квазіп'ятирічний період. У першому з них змінення циркуляційних процесів в стратосфері, що розглядаються, випереджають формування великомасштабної компоненти полів ЗВО (першої головної компоненти) на п'ять років, а у другому періоді – на 3 роки.

Окрім зазначених великих періодів взаємозв'язків, наявність яких можна, пояснити проявами фотохімічних процесів, існує ряд відносно короткоперіодних взаємозв'язків. До них належать квазідворічна, річна, піврічна й сезонні взаємодії. Необхідно відзначити той факт, що змінення вихрової компоненти циркуляційних процесів у стратосфері випереджають змінення великомасштабної структури полів ЗВО.

Значні за взаємною енергією й когерентністю взаємозв'язки спостерігаються на періодах, які збігаються з періодами сонячної активності і що еволюції полів геопотенціалу, яка відбиває циркуляції в стратосфері відносно малого масштабу, випереджають еволюцію полів ЗВО відповідно на

8 і 5 років. Крім цих довгоперіодних взаємодій, спостерігаються ще взаємозв'язки між циркуляційними процесами зазначеного масштабу на періодах близько 5 років, річна, піврічна й сезонна взаємодії з великими коефіцієнтами кореляції й відносно значними енергіями. Короткоперіодні взаємозв'язки є майже синхронними [2].

Оскільки, статистичні зв'язки між циркуляційними процесами різних масштабів й компонентами полів ЗВО в стратосфері Західного сектору південної півкулі добре проявляються, 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 – $K_{xy}(t, t_j)$ та взаємна кореляційна – $R_{xy}(t, t_j)$ функції.

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

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

де $C_{x_ix_j}(\omega)$ – ко-спектр, $Q_{x_ix_j}(\omega)$ – 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 $X_j(t)$.

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

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

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:

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

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

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 й може приймати значення від 0 до 1 [5].

Виклад основного матеріалу. В ході дослідження були отримані та проаналізовані

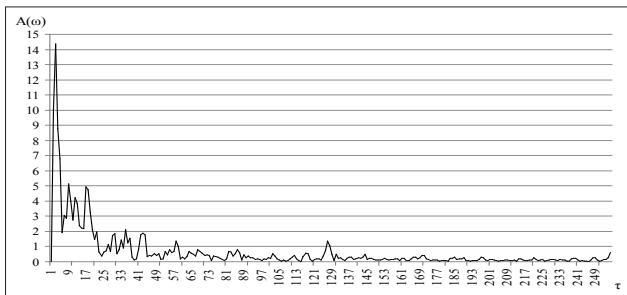


Рис. 1. Амплітудний спектр індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та першої головної компоненти ЗВО

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.

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

Як свідчить табл. 1, спостерігаються річна, піврічна 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 змінення полів ЗВО.

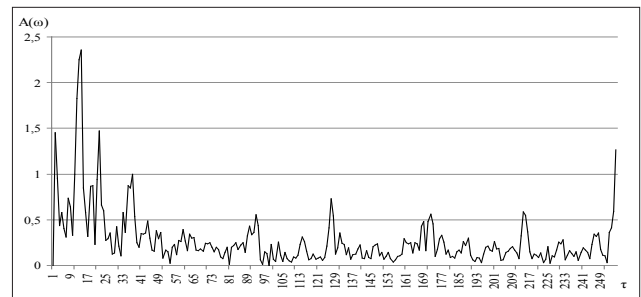


Рис. 2. Амплітудний спектр індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та другої головної компоненти ЗВО

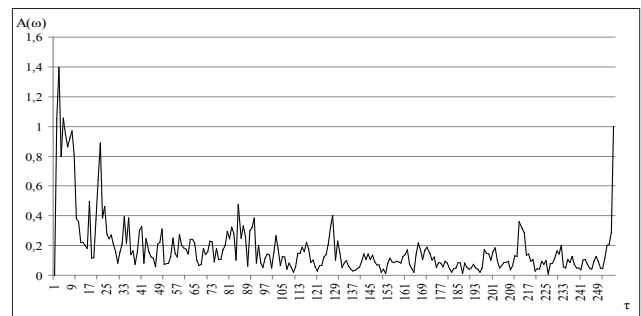


Рис. 3. Амплітудний спектр індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та третьої головної компоненти ЗВО

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

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	–

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	–

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

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

Квазірічний, піврічний та сезонні періоди взаємодії чітко проявляються сплесками взаємного енергетичного спектру та високими значеннями когерентностей. Періоди в межах річних взаємодій відзначаються тим, що проява ЕНПК випереджує прояву 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, представляє інтерес виявити чи є взаємодія явища ЕНПК з характеристиками структури полів ЗВО, а якщо є, то на яких періодах взаємодії.

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

З табл. 3 випливає, що найбільшим періодом взаємодії є квазидворічний період, причому

йому притаманна порівняно найбільша енергія взаємодії. Характеристики інших періодів взаємодії – квазірічної, 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 річна, піврічна та сезонні періоди взаємодії.

Взаємозв'язки індексу Ель-Ніньо Південне Коливання та другої головної компоненти ЗВО проявляються з квазірічним, 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 параметру 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. Галич Е.А., Школьный Е.П. Особенности взаимосвязи между основными осцилляционными механизмами общей циркуляции атмосферы // Метеорология, климатология 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 І.Д., Гончарова Л.Д. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації: Підручник – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.

Бургаз А.А.

Одесский государственный экологический университет

ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЬ-НИНЬО-ЮЖНОГО КОЛЕБАНИЯ С ОБЩИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОЗОНА В ЗАПАДНОМ СЕКТОРЕ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

Аннотация

Показаны особенности влияния Эль-Ниньо-Южного Колебания на формирование полей общего содержания озона. Определены статистически значимые периоды взаимодействий между параметром Эль-Ниньо, которой 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.

Burgaz A.A.

Odessa State Environmental University

INTERCOMMUNICATIONS OF EL NICO-SOUTHERN OSCILLATION WITH THE TOTAL OZONE IN THE SOUTHERN HEMISPHERE WESTERN SECTOR

Summary

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

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