

ОСОБЛИВОСТІ ТЕЛЕКОНЕКЦІЙ ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ МІЖ ТРОПІЧНИМИ Й ВИСОКИМИ ШИРОТАМИ В ЗАХІДНОМУ СЕКТОРІ ПІВДЕННОЇ ПІВКУЛІ

Виявлені основні особливості статистичної структури полів приземної температури. Отримані головні компоненти цих полів. Визначені статистично значущі приховані періодичності у часових рядах головних компонент. Отримані попередні висновки щодо атмосферних телеконекцій між головними компонентами полів температури приземного повітря.

Ключові слова: структура полів, поля температури, головні компоненти, періодичності.

Вступ. В останні десятиріччя велика кількість наукових праць присвячена дослідженню явища Ель-Ніньо-Південного коливання (ЕНПК) та його зв'язків з кліматичними характеристиками різних регіонів Південної півкулі, а також з глобальною кліматичною системою взагалі. Ці зв'язки вивчалися шляхом дослідження телеконекцій між значеннями приземного тиску й температури у зоні утворення ЕНПК і у середніх й високих широтах. Досить цікавими є дослідження авторів [1, 2, 3], які показали, що океанічна циркуляція може грати роль в передачі сигналу ЕНПК у високі широти південної півкулі через Антарктичну циркумполярну хвилю. Як вказується на рис. 1. антарктична циркумполярна хвиля формується в південно-західній частині субтропічної зони Тихого океану і потім поширюється на південний схід Південного океану. Аномалії температури поверхні океану виникають під дією Ель-Ніньо і потім переміщуються на південь паралельно аномаліям середнього поля атмосферного тиску.

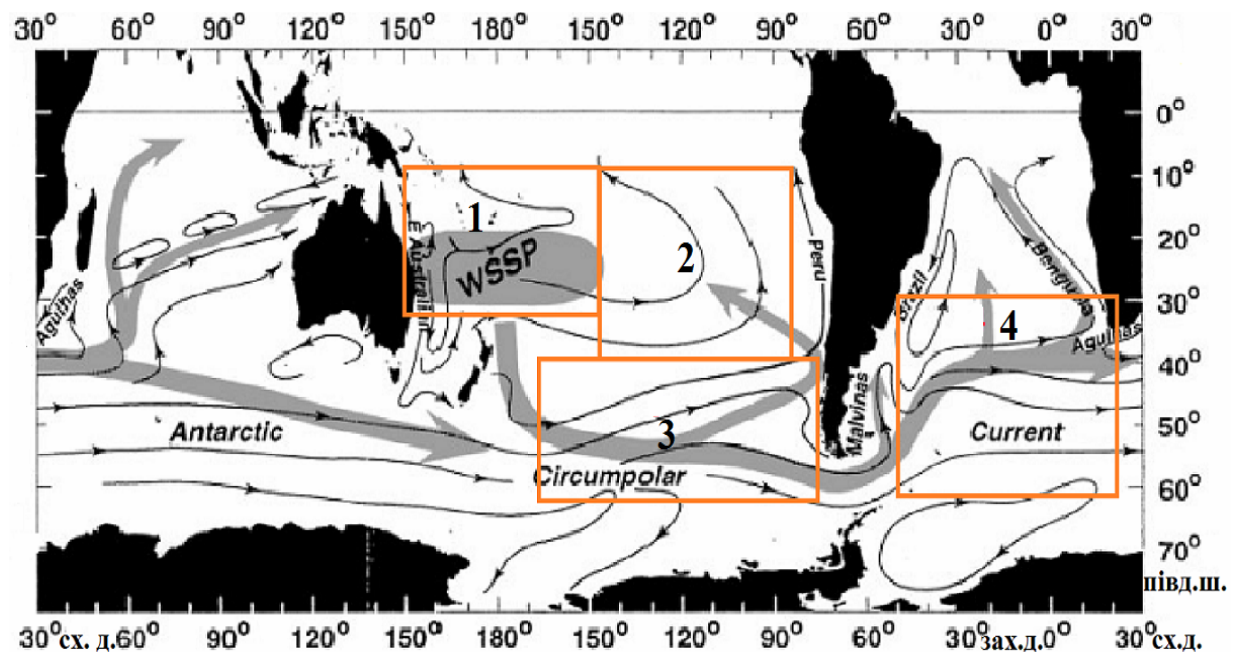


Рис. 1 - Схема загального поширення від екватору міжрічних аномалій температури поверхні океану від джерела, розташованого у районі субтропічної зони західної частини південного Тихого океану (затемнений овал). Суцільні лінії відповідають середній геострофічній циркуляції на поверхні океану [2].
Регіони дослідження №1, №2, №3, №4.

Зазначені дослідження дають підстави для проведення детального аналізу особливостей статистичної структури зазначеної на рис. 1. області №1, яка є джерелом міжрічної аномалії температури поверхні океану і одночасно є зоною інтенсивної вологої конвекції, що стимулює утворення хвиль Россбі, які переміщуються на південний схід. Такий процес повинен бути чинником формування полів температури повітря у виділених регіонах №2, №3, №4, від яких залежать циркуляційні процеси. Таким чином може проявлятися вплив ЕНПК на атмосферну циркуляцію позатропічних широт південної півкулі.

Матеріали і методи досліджень. Об'єктом дослідження стали середньомісячні поля приводної температури. В якості вихідної інформації були використані дані ре-аналізу ERA - 40 [4], задані у вузлах регулярної сітки точок $2,5^\circ$ на $2,5^\circ$ в чотирьох секторах, вказаних на рис. 1, за період з 1958 р. по 2002 р. для кожного місяця року.

Для дослідження статистичної структури розглянутих полів використовувались методи багатовимірного статистичного аналізу (компонентний аналіз) і методи теорії випадкових функцій [5].

На основі матриць коваріацій (K_x) був проведений компонентний аналіз, який дозволяє виявити важливі особливості структури і динаміки великомасштабних атмосферних процесів. Основне рівняння якого має вигляд

$$K_x W_i = \lambda_i W_i, \quad (1)$$

де λ_i - власні значення; W_i - відповідні йому власні вектори.

Як відомо, власні значення є дисперсіями $\sigma_{Z_i}^2$ ортогональних компонент Z_i досліджуваних полів, отриманих шляхом їх ортогонального перетворення в базисі власних векторів (W)

$$Z_i = W' \Delta X_i. \quad (2)$$

Значна інформація про особливості взаємозв'язків між процесами визначається за допомогою когерентності [5]

$$\gamma_{xy}(\omega) = \sqrt{\frac{C_{xy}^2(\omega) + Q_{xy}^2(\omega)}{S_x(\omega)S_y(\omega)}}, \quad (3)$$

де $C_{xy}(\omega)$ - ко-спектр; $Q_{xy}(\omega)$ - квадратурний спектр.

Когерентність дає можливість порівняти взаємну енергію на фіксованій частоті ω з енергіями кожного із процесів $X(t)$ і $Y(t)$, які характеризують їх спектральні щільності $S_x(\omega)$ і $S_y(\omega)$. Вона є спектральним коефіцієнтом кореляції між процесами $X(t)$ і $Y(t)$. Важливими характеристиками також є фазовий спектр, який характеризує взаємодію у часі процесів $X(t)$ і $Y(t)$

$$\psi_{xy}(\omega) = \arctg \frac{Q_{xy}(\omega)}{C_{xy}(\omega)} \quad (4)$$

і амплітудний спектр, останній характеризує енергію взаємодії цих процесів

$$A_{xy}(\omega) = \sqrt{C_{xy}^2(\omega) + Q_{xy}^2(\omega)}. \quad (5)$$

Результати досліджень та їх аналіз. Завдяки інтенсивним процесам тепло- і вологообміну між поверхнею океану і атмосферою, температура нижнього

двометрового шару атмосфери швидко набуває температури поверхні води, тому статистичні характеристики структури полів температури повітря на висоті 2 м, а також її аномалії, у великій мірі відображають відповідні характеристики температури поверхні океану. Вони є інформативними щодо процесів, що відбуваються в цій зоні, а також у певній мірі характеризують зв'язки процесів цього регіону з процесами позатропічних широт.

Основні особливості статистичної структури полів приземної температури в регіоні формування явища Ель-Ніньо (сектор №1) представлені у попередній статті [6]. За зазначеним вище методом були досліджені особливості статистичної структури полів приземної температури і в інших трьох секторах (№2, №3, №4) (рис. 1).

Як показали дослідження у всіх регіонах дисперсії перших трьох ортогональних компонент охоплюють 60-80% від сумарної дисперсії полів температури [6]. Тому перші три ортогональні компоненти відбивають головні особливості полів приземної температури.

Побудовані графіки часових рядів головних компонент полів температури мають структуру випадкового процесу [6], у якому неможливо виявити приховані особливості. Щоб прояснити основні властивості, притаманні часовим рядам головних компонент фізичних полів, використовується операція фільтрації за допомогою ковзного осереднення. В якості вагового множника використовувався косинус-фільтр [5]. Період згладжування часових рядів головних компонент був обраний 4 роки.

На рис.2 представлений згладжений часовий ряд першої головної компоненти полів приземної температури для регіону №1, видно, що у часовому ряді виявляється квазидесятирічна періодичність, а також 4-5 річні коливання. Особливо чітко квазидесятирічне коливання проявляється у часових рядах другої головної компоненти (рис.3).

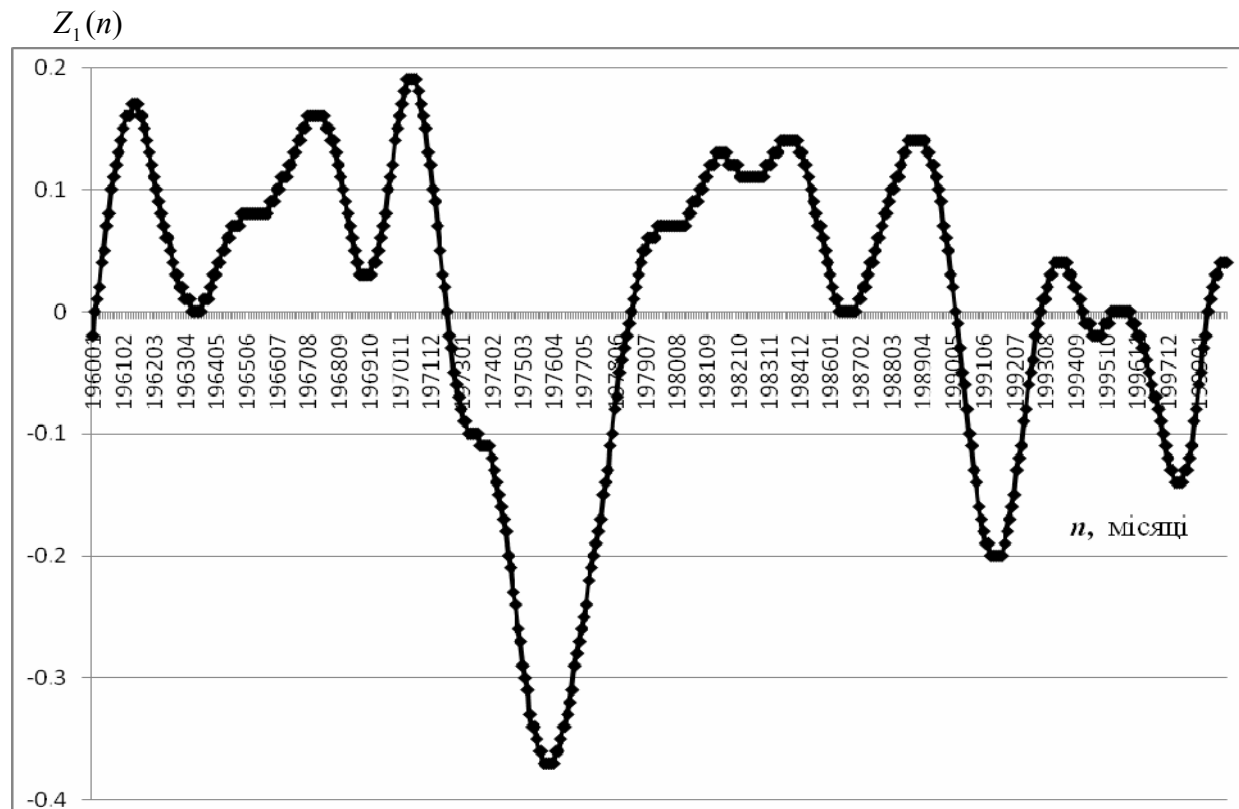


Рис. 2 — Згладжений часовий ряд першої головної компоненти полів приземної температури, регіон №1.

При уважному розгляданні згладжених часових рядів головних компонент, велику увагу звертає той факт, що майже всі значні максимуми у коливальних процесах першої і другої компоненти полів температури повітря у першому регіоні співпадають за часом з періодами найбільш розвинутих явищ Ель-Ніньо, а мінімуми з періодами явищ Ла-Ніньо, які відмічаються у роботі [7], табл. 1. Це дає підстави прийти до висновку, що джерело теплих поверхневих вод пов'язано з явищем ЕНПК, оскільки температура повітря біля поверхні води у великій мірі обумовлюється температурою поверхневих океанічних вод. Крім того, виявляється послідовний взаємозв'язок структури часових рядів головних компонент в регіоні №1 з регіонами №3 й №4 (рис.3), що у певній мірі підтверджує вплив цього регіону на процеси позатропічних широт. Періодичності, що утримуються у часових рядах, відповідають коливанням ЕНПК та Антарктичної Циркумполярної хвилі.

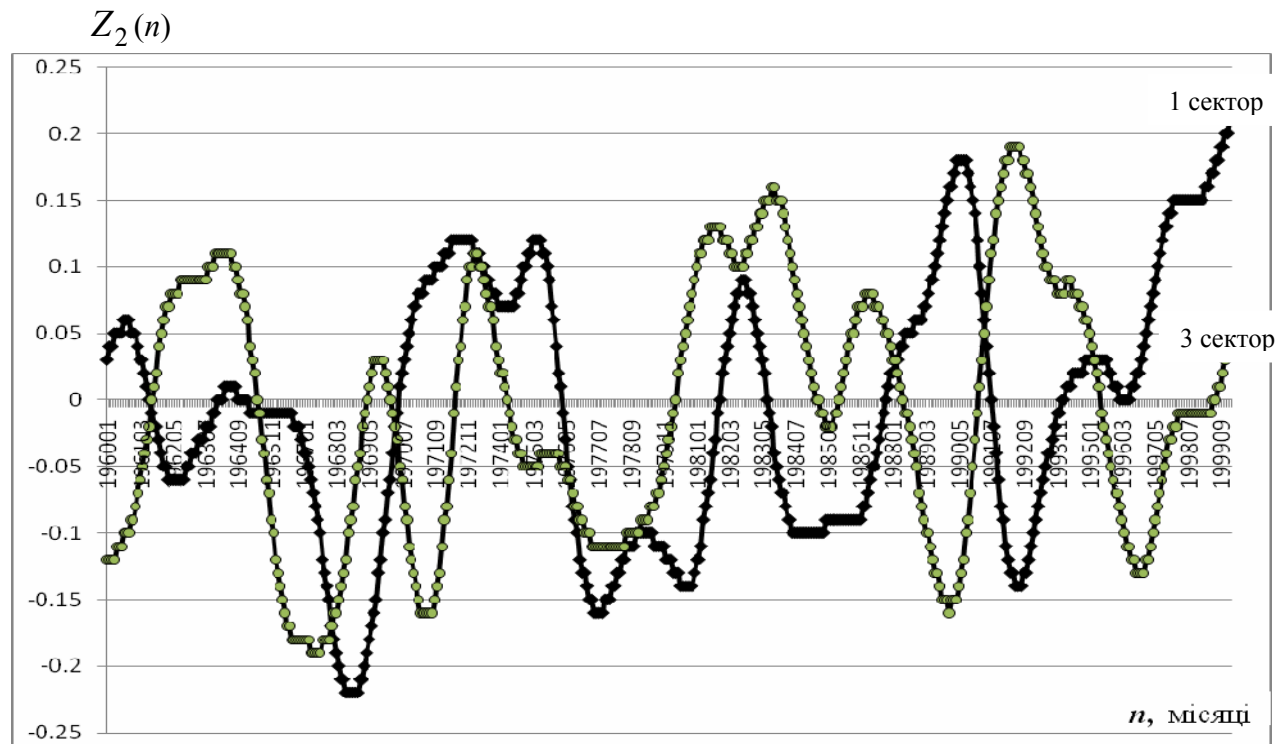


Рис. 3 — Згладжені часові ряди другої головної компоненти полів приземної температури, регіони №1 і №3

Таблиця 1 - Явища Ель-Ніньо і Ла-Ніньо починаючи з 1969 р. [7]

№	Ель-Ніньо		Ла-Ніньо	
	Початок	Закінчення	Початок	Закінчення
1	вересень 1969	березень 1970	липень 1970	січень 1972
2	квітень 1972	березень 1976	січень 1973	квітень 1976
3	серпень 1976	січень 1978	вересень 1984	січень 1985
4	жовтень 1979	квітень 1980	травень 1988	січень 1989
5	квітень 1982	липень 1983	вересень 1995	березень 1996
6	серпень 1986	лютий 1988	січень 1998	грудень 1999
7	березень 1991	березень 1995		
8	квітень 1997	квітень 1998		

Ці результати дають підставу провести більш ретельне дослідження взаємозв'язків між зазначеними процесами у згладжених часових рядах головних компонент приземних полів температури повітря зазначених секторів.

Для вирішення цієї задачі використано зазначений вище взаємний спектральний аналіз головних компонент полів приземної температури повітря. Насамперед розглянемо характеристики взаємозв'язку між першими двома головними компонентами полів температури повітря у першому регіоні з головними компонентами цих полів у інших виділених регіонах, приймаючи точку зору [1], що саме цей регіон є найбільш активним у утворенні явищ ЕНПК.

З метою більш повного формування висновків щодо атмосферних телеконекцій між першими головними компонентами температури приземного повітря побудована діаграма, яка представлена на рис.4.

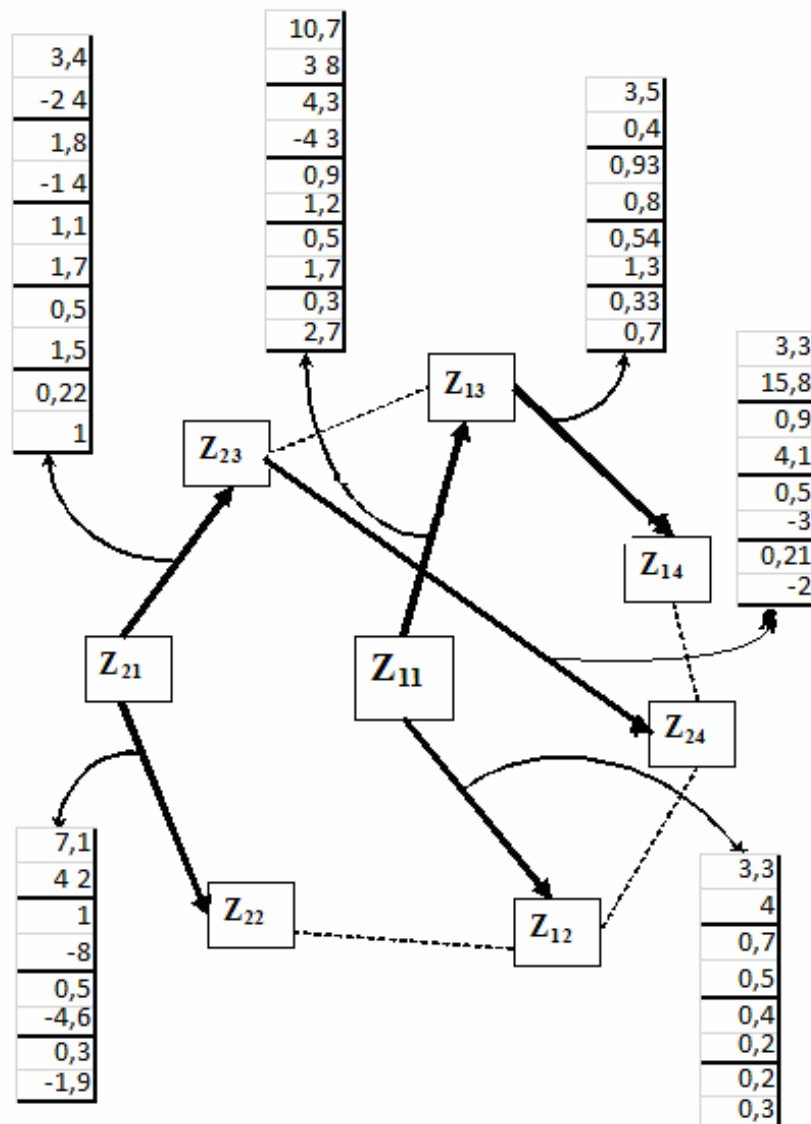


Рис. 4 - Характеристики кореляційних зв'язків головних компонент приземної температури повітря

Діаграма утримує сконцентровану інформацію відносно кореляційних зв'язків між головними компонентами у першому, другому, третьому й четвертому регіонах

(зв'язки відзначені стрілками). Характеристики кореляційних зв'язків вказані у стовпцях: у чисельнику вказується часовий інтервал (у роках), на якому виявляється статистично значущий кореляційний зв'язок між головними компонентами, а у знаменнику – термін випередження (у місяцях зі знаком плюс) і термін відставання (у місяцях зі знаком мінус). Уважний розгляд діаграми дозволяє зробити ряд висновків, необхідно відмітити деякі з них:

а) У всіх розглянутих парах головних компонент полів приземної температури повітря виявляються кореляційні залежності на квазірічних, піврічних і сезонних часових інтервалах.

б) Процес взаємозв'язку на всіх часових масштабах відбувається з випередженням коливань першої головної компоненти першого регіону відносно першої головної компоненти другого регіону. Це свідчить про те, що при розвитку явищ ЕНПК чинником є зміна приводної температури повітря у західній частині зони ЕНПК під дією мусонної циркуляції.

в) Між першими головними компонентами першого й третього регіонів, окрім кореляційного зв'язку на чотирьохрічному інтервалі, проявляється статистично значущий зв'язок на десятирічному інтервалі з випередженням коливання великомасштабних складових полів температури у тропічних широтах на 38 місяців. Є підстави трактувати це явище тим, що таке випередження - результат переміщення хвиль Россбі з тропічних широт (з першого регіону) на південний схід, тобто в високі широти акваторії Південного Тихого океану.

Статистичний зв'язок між другими головними компонентами першого й третього регіонів відбувається, навпаки, з випередженням процесів у третьому регіоні. Це свідчить про те, що на розвиток явищ ЕНПК великий вплив чинить барокліність повітря й інтенсивність розвитку вихрової компоненти полів температури повітря у високих широтах.

г) Відставання змінення вихрової (другої) компоненти полів температури у третьому регіоні відносно вихрової компоненти четвертого регіону можна пояснити впливом процесів синоптичного масштабу, які формують ці складові полів температури на: Південно – Американському континенті, Антарктичному півострові й землях Антарктиди, що розташовуються вздовж узбережжя Південного океану у цьому секторі.

Висновки. Розглянуті характеристики компонентного аналізу полів приземної температури у комплексі з методами дослідження випадкових функцій є підтвердженням гіпотези [1], що у приекваторіальних акваторіях Південного Тихого океану за рахунок інтенсивної вологої конвекції хвилі Россбі сприяють утворенню й пересуванню на південний схід струму теплих поверхневих вод, від яких залежить структура полів приземної температури у приантарктичних акваторіях Південного Тихого і Південного Атлантичного океанів і, як наслідок, інтенсифікації циклонічної діяльності у прилеглих морях Амундсена, Беллінсгаузена, Уеддела.

Оскільки кореляційні зв'язки між мінливістю приземних полів температури повітря реалізуються на різних часових масштабах, починаючи з довгоперіодних й закінчуючи річними й сезонними, для визначення термінів передачі енергії від тропічної зони у високі широти Південного океану, а також у зворотному напрямку, необхідно провести ряд чисельних експериментів з розрахунком полів аномалій температури повітря при різних часових інтервалах телеконекцій на початку й наприкінці Ель-Ніньо і Ла-Ніньо й при різних часових масштабах кореляційної залежності.

Список літератури

1. White WB, Peterson RG. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea-ice extent // *Nature*.- 1996. – P. 699-702.
2. Peterson RG, White WB. Slow oceanic teleconnections linking the Antarctic circumpolar wave with the tropical El Nino southern oscillation // *Journal of Geophysical Research*.- 1998. – P. 24 573-24 583.
3. Karoly D.J. Southern Hemisphere circulation features associated with El Nino-southern oscillation events // *Journal of Climate* 2.- 1989. P. 1239-1252.
4. Служба данных ECMWF ERA-40 [Электронный ресурс].- Режим доступа к журналу.: <http://www.ecmwf.int/products/data>.
5. Школьный Е.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підручник.- К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.
6. Галич Е.А., Сущенко А.И. Особенности метеорологических полей в регионе формирования явления Эль-Ниньо // *Вісник Одеського державного екологічного університету*. - 2012. – Вип. 13. – С. 124-131.
7. Trenberth K.E. The definition of the El Nino // *Bulletin of the American Meteorological Society* 78.- 1997. – P. 2771-2777.
8. Hoskins BJ, Karoly DJ. The study linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing // *Journal of the Atmospheric Sciences* 38.-1981. – P. 1179-1196.
9. Trenberth K.E. Spatial and temporal variations of the southern oscillation // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 102. - 1976. – P. 639-653.

Особенности телеконекций приземной температуры между тропическими и высокими широтами в западном секторе южного полушария

Школьный Е.П., Галич Е.А., Сущенко А.И.

Выявлены основные особенности статистической структуры полей приземной температуры. Получены главные компоненты этих полей. Определены статистически значимые скрытые периодичности во временных рядах главных компонент. Получены предварительные выводы относительно атмосферных телеконекций между главными компонентами полей температуры приземного воздуха.

Ключевые слова: структура полей, поля температуры, главные компоненты, периодичности.

Features teleconnection surface temperature between tropical and high latitudes in the western sector of southern hemisphere

Shkolniy E.P., Galich E.A., Sushchenko A.I.

The main particularities of the temperature fields structure revealed. The principal components of these fields obtained. The certain recurring decimals of the components oscillations have hidden. The obtained preliminary findings on atmospheric teleconnection between the main components of the surface air temperature fields.

Keywords: structure fields, temperature fields, main components, periodicals.