

ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В РЕГИОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЬ-НИНЬО

Выявлены основные особенности статистической структуры полей приземной температуры в регионе формирования явления Эль-Ниньо. Получены главные компоненты этих полей. Определены статистически значимые скрытые периодичности во временных рядах главных компонент.

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

Постановка проблемы. В последнее десятилетие большое количество научных работ посвящено исследованию явления Эль-Ниньо Южного колебания (ЭНЮК) и его влияния на формирование особенностей циркуляционных атмосферных процессов в южном полушарии. Эти исследования позволили выявить статистически обоснованную телеконекцию между атмосферными условиями в тропической зоне Тихого океана и внетропическими широтами. Достаточно интересными является исследования авторов [1, 2], которые показали, что океаническая циркуляция может играть роль в передаче сигнала ЭНЮК в высокие широты южного полушария через антарктическую циркумполярную волну. Как показывается на рис. 1. антарктическая циркумполярная волна формируется в юго-западной части субтропической зоны Тихого океана и потом распространяется на юго-восток Южного океана.

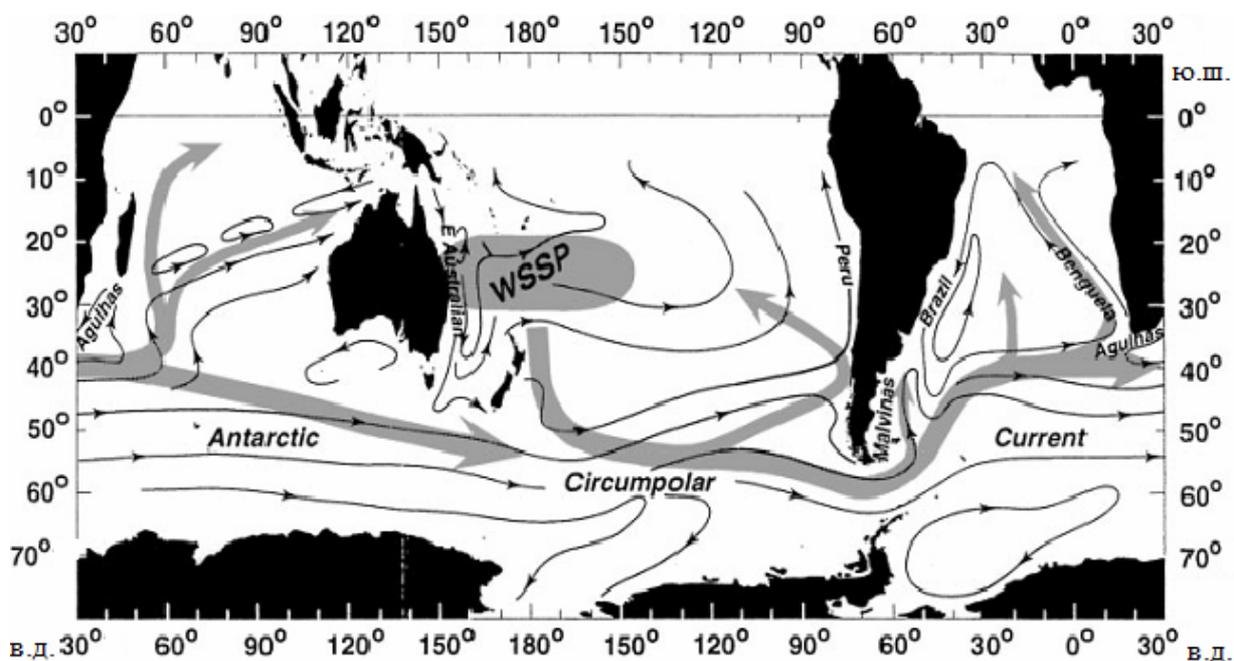


Рис. 1 - Схема общего распространения межгодовых аномалий температуры поверхности океана от источника, расположенного вблизи субтропической зоны западной части южного Тихого океана (затемненный овал). Сплошные линии соответствуют средней геострофической циркуляции на поверхности океана [2].

Аномалии температуры поверхности океана возникают под действием Эль-Ниньо и потом перемещаются на юг параллельно аномалиям среднего поля атмосферного давления.

Указанные исследования дают основания для проведения детального анализа особенностей статистической структуры указанной на рис. 1. области, которая является источником межгодовой аномалии температуры поверхности океана и одновременно является зоной интенсивной влажной конвекции, стимулируя образование волн Россби, которые перемещаются на юго-восток. Проявляется также влияние ЭНЮК на атмосферную циркуляцию внетропических широт южного полушария.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования явились среднемесячные поля приводной температуры и давления. В качестве исходной информации были использованы данные ре-анализа ERA – 40 [3], заданные в узлах регулярной сетки точек $2,5^\circ$ на $2,5^\circ$ в секторе, ограниченном по широте от 10° ю.ш. до 30° ю.ш. и меридианами 150° в.д.- 150° з.д., за период с 1958 г. по 2002 г. для каждого месяца года.

Процедура исследования статистической структуры рассматриваемых полей основывалась на применении методов многомерного статистического анализа и, в частности, компонентного анализа [4].

На основе матриц ковариаций (K_x) был проведен компонентный анализ, который позволяет выявить важные особенности структуры и динамики крупномасштабных атмосферных процессов. Основное уравнение полной проблемы собственных значений имеет вид

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

где λ_i - собственное значение; W_i - соответствующий ему собственный вектор.

Как известно, собственные значения являются дисперсиями $\sigma_{Z_i}^2$ ортогональных компонент исследуемых полей, полученных путём их ортогонального преобразования в базисе собственных векторов (W)

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

Также, с помощью интегрального преобразования Фурье, были выявлены скрытые периодичности, содержащиеся во временных рядах главных компонент. Разложение функции $Z_i(t)$ в ряд Фурье имеет вид

$$Z_i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(\omega_k t + \varphi_k), \quad (3)$$

где A_k - амплитуда k -той гармоники; ω_k - её частота; φ_k - начальная фаза.

Результаты исследований и их анализ. Благодаря интенсивным процессам тепло- и влагообмена между поверхностью океана и атмосферой, температура нижнего двухметрового слоя атмосферы быстро приобретает температуру поверхности воды, поэтому статистические характеристики структуры полей температуры воздуха на высоте 2 м, а также ее аномалии, в большой степени отражают соответствующие характеристики температуры поверхности океана. Они являются информативными относительно процессов, происходящих в этой зоне, а также в определенной мере характеризуют связи процессов этого региона с процессами внетропических широт.

На рис. 2 представлены поля среднеквадратических отклонений полей температуры. Летом (январь) поле изменчивости температуры (рис. 2, а) характеризуется хорошо сформированной ложбиной с осью в направлении на юг. Схожая ложбина, но меньших размеров, наблюдается осенью. Зимой ось ложбины отклоняется на запад региона, а с юго-запада на центральную часть развивается гребень максимальной изменчивости, который формируется и в апреле с ещё большими значениями. Интенсивность и положение осей ложбины и гребня хорошо согласуется с направлением распространения теплой поверхностной воды, которое показано на рис. 1. В холодное время года изменчивость температуры воздуха в области теплой воды возрастает, особенно в южной части рассматриваемого региона за счет периодического вторжения холодного воздуха при прохождении с севера на юг волн Россби.

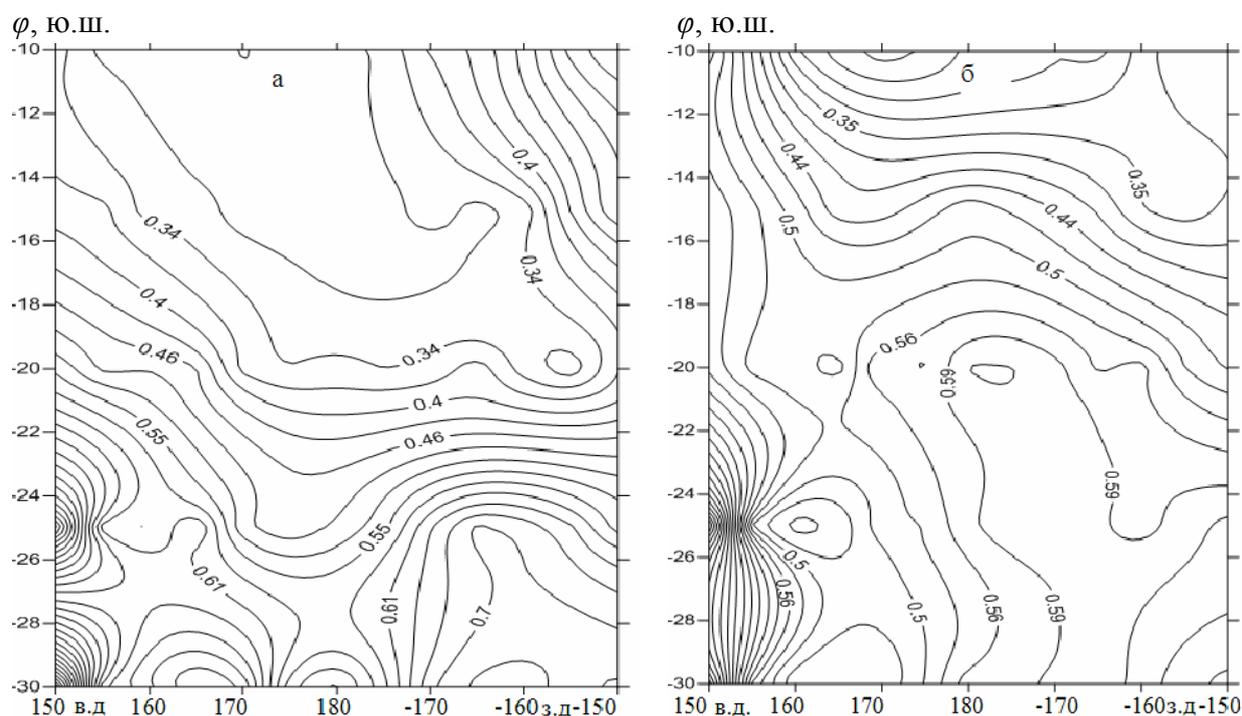


Рис. 2 – Поле среднеквадратических отклонений температуры, январь (а) и июль (б).

С целью выделения наиболее крупномасштабных особенностей рассматриваемых полей было осуществлено ортогональное преобразование в базисе собственных векторов матриц ковариаций полей температуры и давления. Анализ собственных значений, являющихся дисперсиями ортогональных компонент, показал, что количество главных компонент (Z_j), дисперсии которых исчерпывают основную долю (более 70%) суммарной дисперсии полей температуры и давления, равно трём, а величина дисперсии, приходящаяся на каждую из них, зависит от времени года (рис. 3).

Как видно из графика, первое собственное значение вносит наибольший вклад в суммарную дисперсию полей температуры. Поэтому первый собственный вектор, соответствующий данному собственному значению, отражает характер формирования полей температуры под влиянием наиболее крупномасштабных циркуляционных процессов.

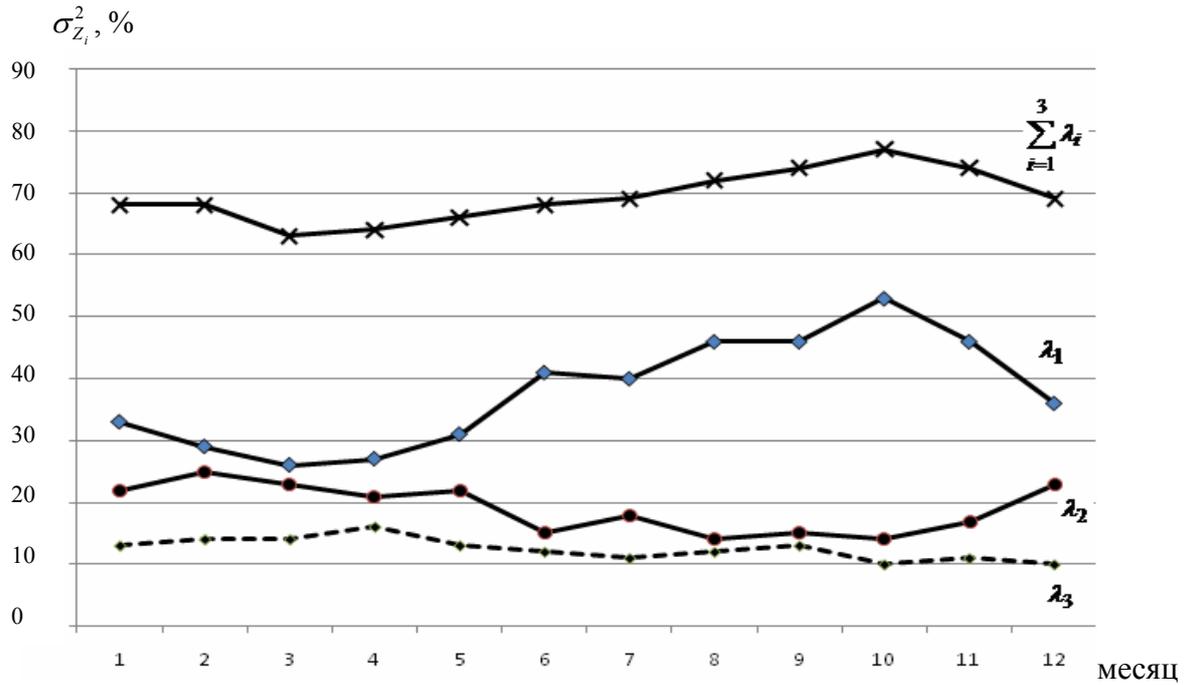


Рис. 3 - Процент охвата дисперсии первых трёх собственных значений полей температуры.

В качестве примера приведем структуру этих полей в центральные месяцы лета (рис. 4) и зимы (рис. 5). Они характеризуются наличием одной пучности, которая связана с Южным Тихоокеанским максимумом, от которой в северо-восточном направлении простирается гребень. Направление оси этих гребней согласуется с направлением движений от центра интенсивной влажной конвекции волн Россби.

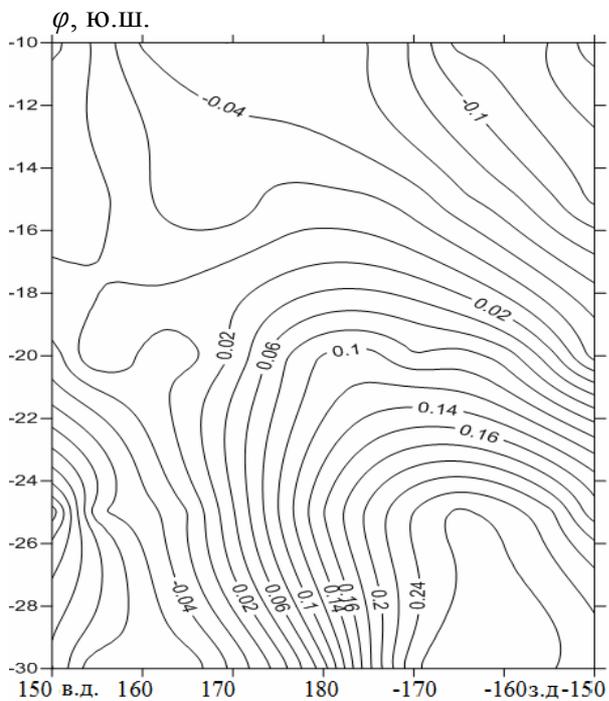


Рис. 4 – Поле первого собственного вектора температуры в январе.

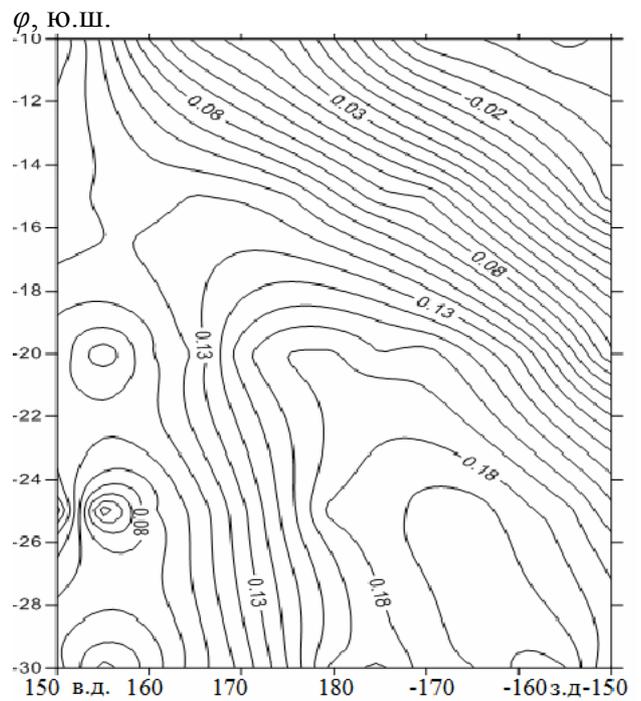


Рис. 5 – Поле первого собственного вектора температуры в июле.

Энергия, которая приходится на второе собственное значение распределяется по месяцам года более - менее равномерно. Максимальные значения наблюдаются в месяцы лета (декабрь-февраль), после чего начинается постепенное уменьшение значений, достигая минимума в октябре. Необходимо отметить, что первые два наиболее крупномасштабных процесса являются противофазными: при интенсификации наиболее крупномасштабной компоненты наблюдается уменьшение интенсивности процесса меньшего масштаба и наоборот. Особенности полей второго собственного вектора, которые соответствуют второму собственному значению, представленные на рис. 6 и 7 для центральных месяцев летнего и зимнего сезонов.

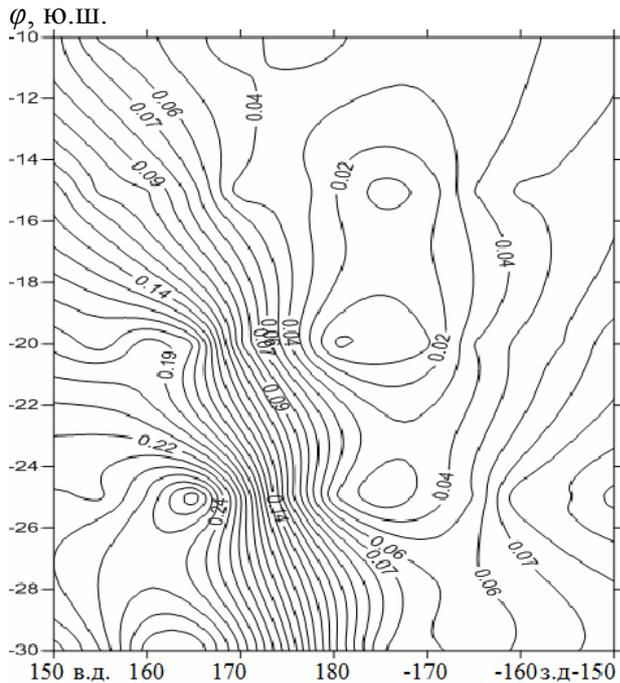


Рис. 6 – Поля второго собственного вектора температуры в январе.

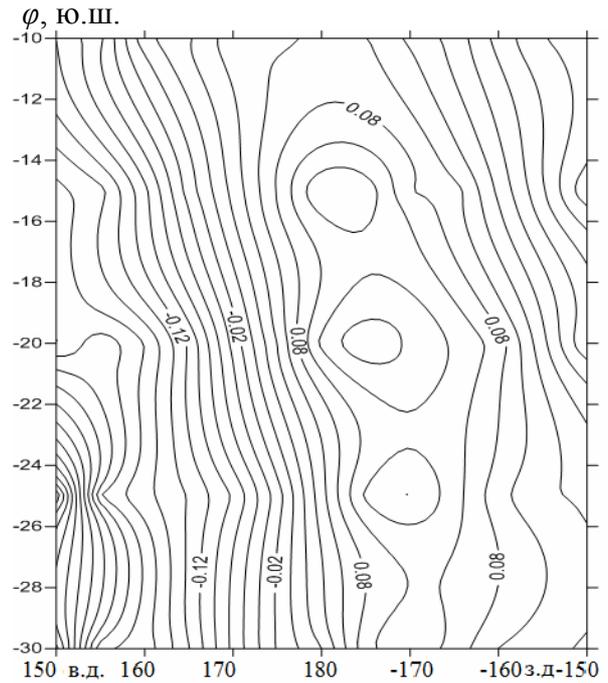


Рис. 7 – Поля второго собственного вектора температуры в июле.

Поля второго собственного вектора, имеют сходный вид во все месяцы года, характеризуюсь сложной структурой, которая связана с наличием двухфазного колебания.

Представляют интерес временные ряды главных компонент. Они отражают характер изменения во времени крупномасштабных атмосферных процессов в рассматриваемый период, под действием которых формируется температурное поле исследуемого региона. В качестве примера на рис. 8, представлен временной ряд первой главной компоненты.

Временные ряды главных компонент содержат периодические компоненты, отфильтровать которые можно с помощью интегрального преобразования Фурье [4]. Результаты расчетов дали возможность получить амплитудно – частотные характеристики $A(\omega_i)$ (рис. 9) для каждого из процессов $Z_i(t)$ ($i = 1, 2$).

В табл. 1 представлены характеристики статистически значимых периодических колебаний, содержащихся во временных рядах первой и второй главных компонент температуры воздуха.

Анализ таблицы свидетельствует о том, что временные ряды главных компонент, содержат 18-ти летние, 8-ми летние, квазитрёхлетние, двухлетние, полугодовые и сезонные колебания.

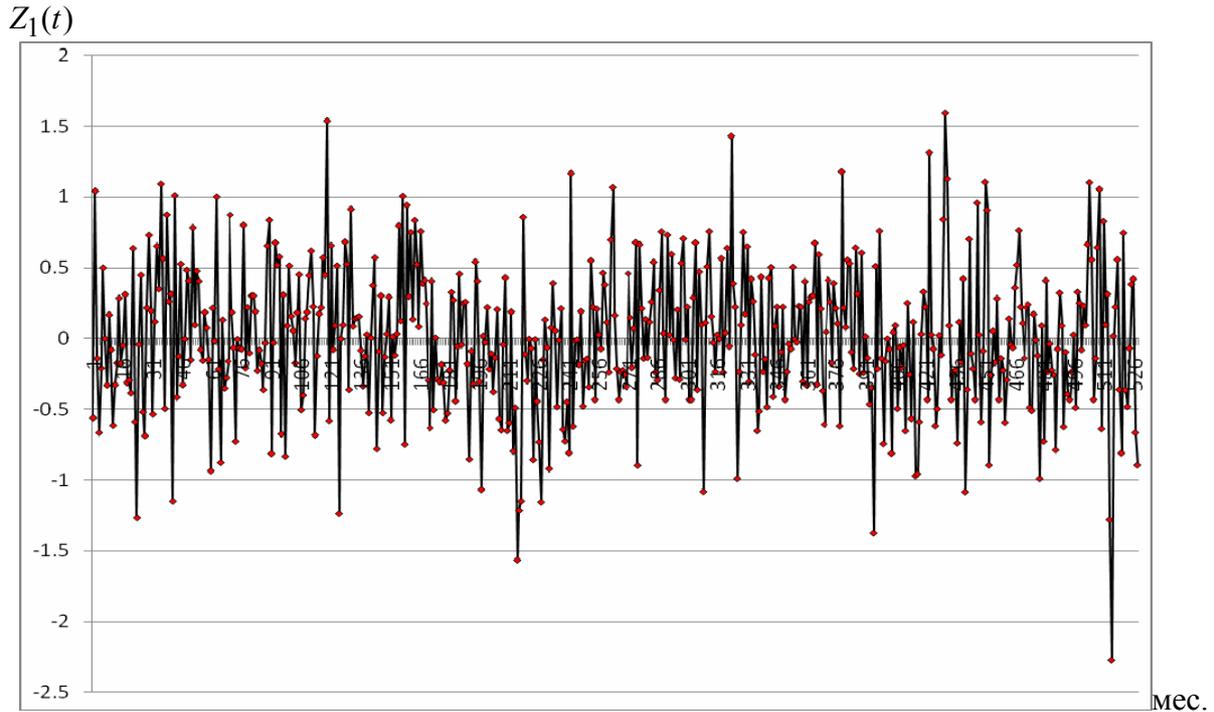


Рис. 8 – Временной ряд первой главной компоненты температуры воздуха за период 1958-2001 г.г.

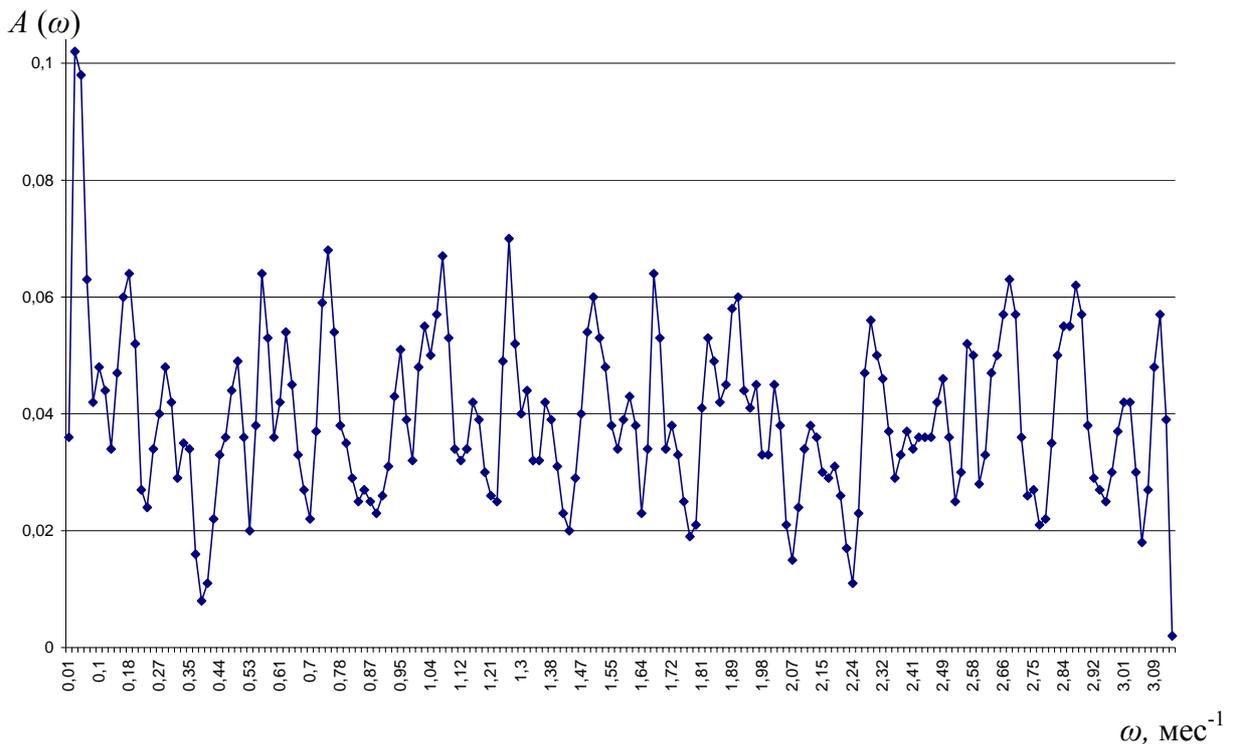


Рис. 9 – Амплитудно-частотная характеристика первой главной компоненты.

Сезонные периодичности являются естественными, отражающими влияние обращения Земли на орбите. Восьмилетние и двухлетние циклы вызывают особый интерес. Двухгодичная компонента присуще многим характеристикам состояния атмосферы, особенно в тропической зоне. Что касается восьмилетней периодичности, то она соизмерима с периодическими колебаниями параметра ЭНЮК. Достоверность 18-летней периодичности ограничивается объёмом исходной информации.

Таблица 1 - Периодические компоненты временных рядов первой и второй главных компонент температуры воздуха

i	ω , мес ⁻¹	T , мес.	T , год	A , К	φ , рад.
$Z_1(t)$					
1	0,29	216	18	0,102	-0,19
10	0,183	34	2,8	0,064	-0,88
32	0,56	11	1,4	0,064	1,15
62	1,07	6	0,5	0,067	1,25
97	1,67	3,8	0,3	0,064	0,87
$Z_2(t)$					
3	0,063	99	8	0,067	0,14
13	0,23	26,8	2	0,084	-1,48
80	1,38	4,5	0,4	0,084	0,67

Выводы. Структура полей среднеквадратических отклонений температуры, которые являются мерой изменчивости этих величин, хорошо согласуется с направлением перемещения волн Россби, образующихся в зоне интенсивной влажной конвекции [1, 2]. Компонентный анализ полей, показал, что первые два собственных значения исчерпывают большую часть суммарной дисперсии этих полей. Поэтому наиболее важные характеристики динамики во времени структуры полей приземной температуры воздуха характеризуются структурой полей первых двух собственных векторов. Структура полей первого собственного вектора свидетельствует о том, что матрицы ковариаций, которые являются основой статистического анализа полей температуры, является хорошо обусловленными. Все поля этого собственного вектора имеют гребень, ось которого совпадает с направлением указанным в работах [8, 9] треков волн Россби. Дальнейшие исследования будут направлены на рассмотрение главных компонент полей температуры, а также их связи с главными компонентами соответствующих полей в западном и восточном секторах внетропических широт южного полушария.

Список литературы

1. White W.B., Peterson R.G. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea-ice extent // *Nature*.- 1996. – P. 699–702.
2. Peterson R.G., White W.B. 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. Служба данных ECMWF ERA-40 [Электронный ресурс].- Режим доступа к журналу.: <http://www.ecmwf.int/products/data>.
4. Шкільний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підручник.- К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.

Особенности метеорологических полей в регионе формирования явления Эль-Ниньо.

Галич Е.А., Сущенко А.И.

Виявлені основні особливості статистичної структури полів приземної температури в регіоні формування явища Ель-Ніньо. Отримані головні компоненти цих полів. Визначені статистично значущі приховані періодичності у часових рядах головних компонент.

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

The particularities of the meteorological fields in the region of events ENSO formation.

Galich E.A., Sushchenko A.I.

The main particularities of the temperature fields structure were revealed in the region of events ENSO formation. The principal components of these fields were obtained. The statistically significant hidden periodicals in the time serieses of the main components were defined.

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