

УДК 551.5(075)

Галич Е.А., асп., Сущенко А.И., магистр.

Одесский государственный экологический университет

ГЛАВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПОЛЕЙ ГЕОПОТЕНЦИАЛА В АТМОСФЕРЕ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

Выявлены основные особенности статистической структуры полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа в Западном секторе Южного полушария. Получены главные компоненты этих полей. Показаны особенности временной изменчивости крупномасштабных компонент циркуляционных процессов в атмосфере во второй половине XX столетия. Осуществлена процедура фильтрации временных рядов главных компонент. Определены статистически значимые скрытые периодичности и трендовые компоненты во временных рядах главных компонент.

Ключевые слова: структура, поля, геопотенциал, главные компоненты, периодичности.

Вступление. Исследование особенностей циркуляционных процессов всегда имело большое значение, а в настоящее время является приоритетным в связи с наметившимся во второй половине прошлого века потеплением глобального климата. В работе [1] подробно изучены особенности статистической структуры полей геопотенциала поверхностей АТ-925, АТ-850, АТ-500 и АТ-200.

Изучению особенностей циркуляционных процессов в Южном полушарии посвящен ряд работ [2, 3]. В них рассматривался, в основном, характер цикло - и антициклогенеза в высоких широтах южного полушария, а также изучались полугодовые и годовые колебания термобарических полей в тропосфере Южного полушария [4, 5]. Настоящая статья посвящена малоизученной проблеме – исследованию особенностей статистической структуры полей геопотенциала в средней тропосфере высоких широт южного полушария.

Объекты и исходные материалы исследования. Объектом исследования явились среднемесячные поля геопотенциальных высот изобарической поверхности 500 гПа. В качестве исходной информации были использованы данные реанализа ERA – 40, заданные в узлах регулярной сетки точек 2,5° на 2,5°, в секторе ограниченном по широте от Южного полюса до 20° ю.ш. и меридианами от 120° з.д. до 30° в.д., за период с 1958 г по 2002 г для каждого месяца года.

Указанный сектор выбран по трём причинам. Во-первых, он включает южные акватории Атлантического и Тихого океанов, которые разделены проливом Дрейка. Эта акватория Южного океана характеризуется особой структурой Кругового Антарктического течения и меридиональными океаническими течениями. Во-вторых, на формирование атмосферных процессов большое влияние оказывает Южно-Американский материк, с одной стороны, и Антарктический полуостров, с другой. В-третьих, именно в этом регионе, как показали данные измерений на Украинской антарктической станции Академик Вернадский, во второй половине прошлого столетия среднегодовая температура воздуха возросла примерно на 2°С, в отличии от других антарктических станций, где тренды роста температуры воздуха не зарегистрированы [1].

Методы исследований. Процедура исследования статистической структуры рассматриваемых полей геопотенциала основывалась на применении методов многомерного статистического анализа и в частности компонентного анализа.

На основе матриц ковариаций (K_x) был проведен компонентный анализ [6], 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

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

Результаты исследований и их анализ. В соответствии с алгоритмом [6], путем ортогонального преобразования полей геопотенциала в базисе собственных векторов матриц ковариаций этих полей, были получены ортогональные компоненты геопотенциальной высоты рассматриваемой изобарической поверхности. Сравнение дисперсий ортогональных компонент рассматриваемых метеорологических полей показывает, что сумма первых двух из них на рассматриваемом уровне исчерпывает

более 70% суммарной дисперсии полей геопотенциала $\sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}^2$. Это означает, что

соответствующие им ортогональные компоненты Z_1 и Z_2 играют роль главных компонент этих полей и характеризуют основные особенности наиболее крупномасштабных атмосферных циркуляционных процессов.

Для каждой компоненты были построены временные ряды $Z_i(t)$ ($i=1,2$) с объемом значений 528 и дискретностью 1 месяц. На рис. 1 в качестве примера представлен график первой главной компоненты $Z_1(t)$.

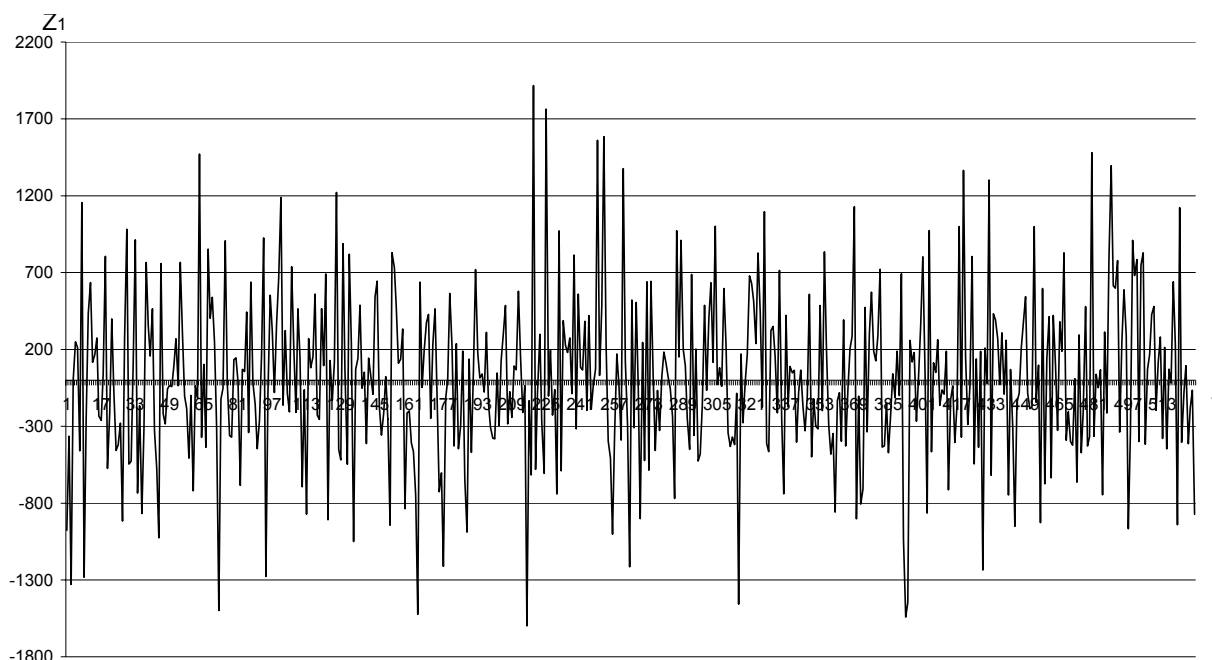


Рис. 1 – Временной ряд первой главной компоненты изобарной поверхности АТ-500 с 1958-2001 гг.

Внимательное рассмотрение временных рядов дает основания считать, что каждый из них содержит периодические компоненты. Поэтому сделана попытка посредством преобразования Фурье, отфильтровать эти периодичности [6]. Результаты расчетов дали возможность получить амплитудно – частотные характеристики $A(\omega_i)$ для каждого из процессов $Z_i(t)$ ($i=1,2$).

Частоты, пики амплитуд которых выходят за доверительный интервал $\bar{A} + \sigma_A$, где \bar{A} - среднее значение амплитуд периодограммы, а σ_A - среднее квадратичное отклонение, которое отвечает вероятности $p = 0.68$, считались достоверными. В качестве примера на рис. 2, представлена амплитудно – частотная характеристика для временного ряда $Z_1(t)$. Кроме того, для каждого значимого значения амплитуды, то есть для каждой частоты ω_i (иначе говоря для каждого соответствующего периода T_i) были рассчитаны начальные фазы φ_i .

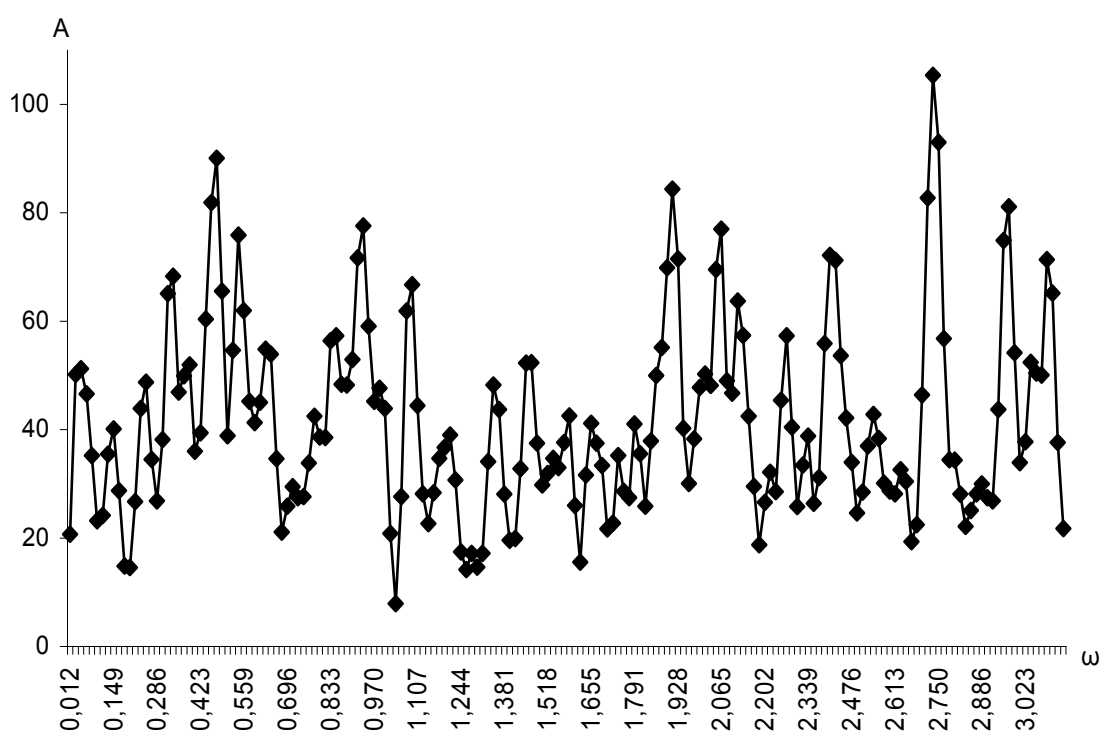


Рис. 2 – Амплитудно - частотная характеристика первой главной компоненты.

В табл. 1 и 2 располагаются характеристики статистически значимых периодических колебаний первой и второй главных компонент изобарической поверхности АТ-500, полученных указанным выше методом.

Анализ табл. 1 свидетельствует о том, что временной ряд первой главной компоненты $Z_1(t)$ содержит периодические составляющие с периодами 1,5 года, годовую периодичность, а также 4-х, 3-х и 2-х месячные периодические колебания. Годовая, а также 2 – 3-х месячная периодичности являются природными, отражающими влияние вращения Земли по орбите, с чем связаны особенности поступления солнечной радиации.

Таблица 1 - Периодические компоненты временного ряда первой главной компоненты $Z_1(t)$ геопотенциальной высоты изобарической поверхности АТ-500

i	ω	T , месяц	A	F , рад
19	0.337	18.642	68.3	0.493
27	0.474	13.258	90.096	-0.786
31	0.542	11.585	75.86	-0.353
54	0.936	6.714	77.561	-0.976
63	1.09	5.765	66.75	0.763
111	1.911	3.288	84.379	-0.036
120	2.065	3.042	77.018	0.842
123	2.117	2.969	63.754	-0.931
140	2.407	2.61	72.16	0.705
159	2.732	2.299	105.392	1.043
173	2.972	2.114	81.112	0.675
180	3.092	2.032	71.353	-0.293

Таблица 2 – Периодические компоненты временного ряда второй главной компоненты $Z_2(n)$ геопотенциальной высоты изобарической поверхности АТ-500

i	ω	T , месяц	A	F , рад
7	0.132	47.702	51.529	-0.804
15	0.269	23.392	52.047	-1.241
27	0.474	13.258	64.343	0.965
53	0.919	6.839	79.119	0.735
65	1.124	5.589	59.372	1.406
69	1.193	5.269	60.202	1.45
71	1.227	5.122	54.619	-0.731
80	1.381	4.551	52.17	1.571
85	1.466	4.285	70.023	-0.217
92	1.586	3.961	62.424	0.984
116	1.997	3.147	53.789	-1.298
124	2.134	2.945	53.251	-1.347
135	2.322	2.706	59.518	-0.69
148	2.544	2.47	54.483	-1.037
153	2.63	2.389	52.102	-0.943
179	3.075	2.044	66.795	-0.824

Спектр периодичностей, которые выявлены во второй главной компоненте, представлены в табл. 2. Как видно из таблицы, временной ряд второй главной компоненты содержит четырехлетнюю, двухгодичную, годовую, полугодовую периодичности, а также сезонные колебания.

Представленные выше результаты выявления периодичностей во временных рядах главных компонент, показывают, что во временном ряду второй главной компоненты наблюдается максимальная значимая 4-х летняя периодичность. Исходные временные ряды главных компонент, как следует из рис. 1, на первый взгляд, не содержат значительных трендов и больше похожи на квазистационарные процессы. Однако, как показала процедура сглаживания этих временных рядов, в них, кроме

указанных выше периодичностей, содержатся долгопериодные колебания и тренды. Сглаживание этих временных рядов проводилось путем скользящего осреднения, построенного на основе косинус – фильтра [6]. В результате сглаживания временных рядов главных компонент, были получены следующие результаты, представленные на рис. 3, 4.

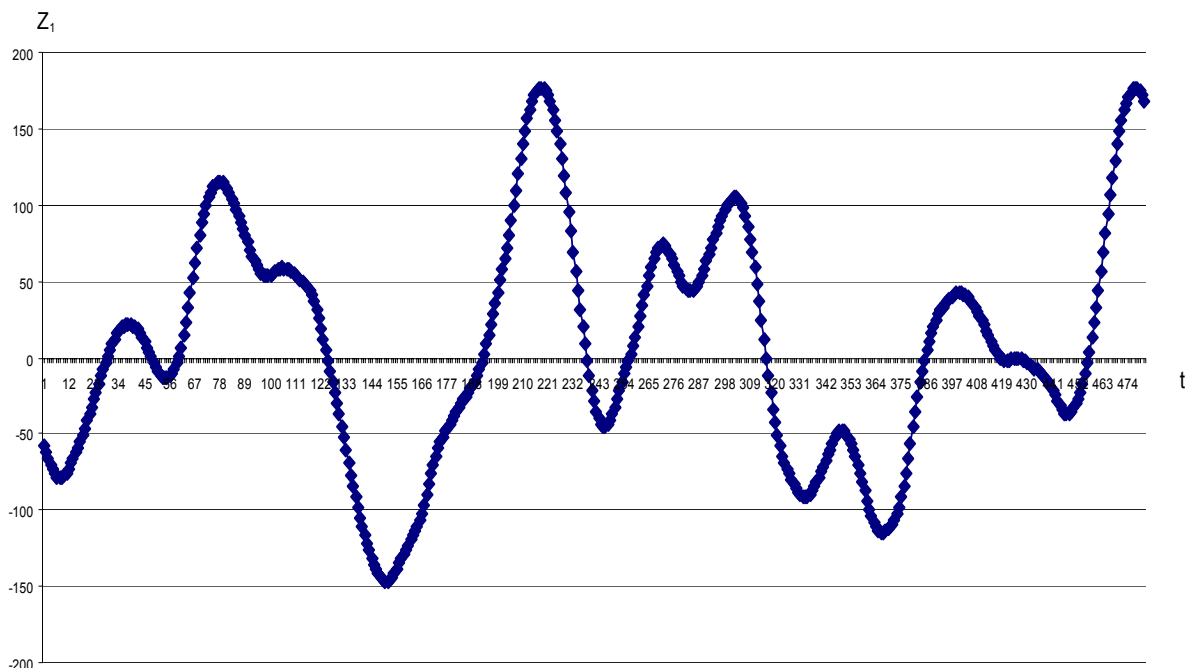


Рис. 3 – Сглаженный временной ряд первой главной компоненты изобарической поверхности АТ-500.

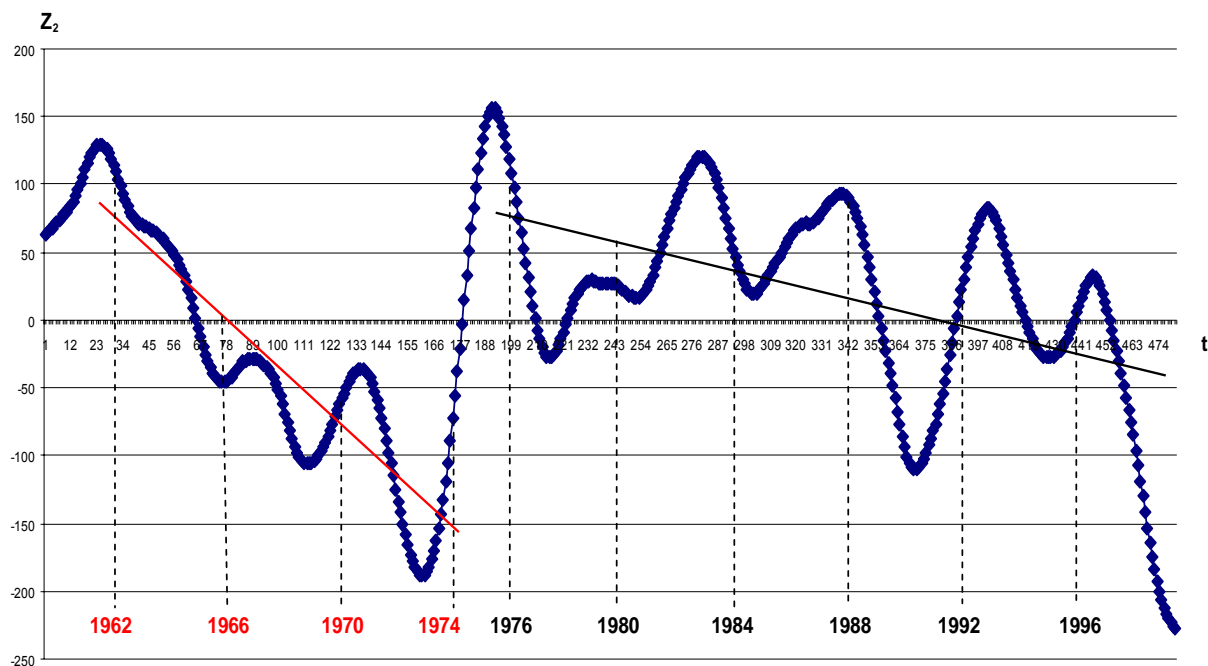


Рис. 4 – Сглаженный временной ряд второй главной компоненты изобарической поверхности АТ-500.

Во временном ряду первой главной компоненты полей геопотенциала изобарической поверхности АТ-500 ($Z_1(n)$), которая является характеристикой наиболее крупномасштабного процесса, а именно западно-восточного переноса, отчетливо проявляются 8-10 летние периодичности, на которые накладываются 4-5 летние.

Во временном ряду второй главной компоненты ($Z_2(n)$) полей геопотенциала изобарической поверхности АТ-500 преобладают колебания с периодом 4-5 лет. В этом временном ряду $Z_2(n)$, который является характеристикой процесса меньшего масштаба, а именно циклонической деятельностью, хорошо проявляются два линейных тренда, что может свидетельствовать о некотором усилении активности циклонической деятельности в высоких широтах Южного полушария. Первый тренд относится к периоду с 1962 г. по 1973 г., который характеризуется резким уменьшением значений второй главной компоненты. После 1973 г. структура полей геопотенциала в значительной мере перестраивается, что отражается в резком увеличении значений второй главной компоненты, максимум которой приходится на 1976 год. После этого значения $Z_2(n)$ начинают уменьшаться.

Возникает вопрос, насколько большое влияние оказывает изменения $Z_1(n)$ и $Z_2(n)$, дисперсии которых вносят наибольший вклад в изменчивость полей геопотенциала, на структуру барических полей на уровне поверхности в средней тропосфере АТ-500. Для решения этой задачи был проведен численный эксперимент, который заключается в том, чтобы установить каким образом оказывают влияние на структуру полей геопотенциала указанные выше трендовые составляющие процесса изменения второй главной компоненты $Z_2(n)$, которые установлены во временном ряду изобарической поверхности АТ-500. Алгоритм методики фильтрации [6] дает возможность путем обратного преобразования в базисе собственных векторов, определяющейся матрицей собственных векторов $W = (W_{ij})$ ($i, j \in \overline{1, n}$), получить ту часть исходных полей геопотенциала $\Delta\tilde{X}(t_i)$, которые представляют крупномасштабные составляющие этих полей.

Как показали расчеты с ростом временного интервала n происходит существенное преобразование полей аномалий геопотенциала поверхности АТ-500. Наиболее выраженные преобразования происходят в зоне, примыкающей к Антарктическому полуострову. С уменьшением значений трендовой компоненты $Z_2(n)$ наблюдается постепенная деградация ярко выраженной области положительных аномалий геопотенциала и при переходе трендовой компоненты в отрицательную область над указанной зоной формируется область отрицательных аномалий значений геопотенциала. Такое изменение структуры полей аномалий геопотенциала свидетельствует, во-первых, что вторая главная компонента действительно отражает влияние вихревой компоненты в рассматриваемых полях геопотенциала, и, во-вторых, что нисходящие тренды $Z_2(n)$ свидетельствуют об увеличении интенсивности циклонической деятельности в высоких широтах Южного полушария в указанные периоды времени. Надо полагать, что возрастающий линейный тренд среднегодовой температуры воздуха на ст. "Академик Вернадский" в последние десятилетия связан именно с усиливающейся интенсивностью циклонической деятельности в этом районе, что находит отражение в нисходящем характере второго линейного тренда второй главной компоненты.

Выводы. Выявлены основные особенности статистической структуры полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа в Западном секторе Южного полушария. Получены главные компоненты этих полей.

Фильтрация временных рядов главных компонент с помощью интегрального преобразования Фурье показала, что в первой главной компоненте имеют место статистически значимые скрытые периодичности с периодом полтора года, год, полгода и сезонные колебания.

Сглаживание исходных временных рядов главных компонент с помощью скользящего осреднения на основе косинус-фильтра показало, что во временном ряду первой главной компоненты $Z_1(n)$ содержится десятилетняя периодичность, на которую накладывается четырех-пятилетние колебания. Во временном ряду второй главной компоненты $Z_2(n)$ наблюдается четырех и пятилетние периодичности.

Во временном ряду второй главной компоненты $Z_2(n)$ в рассматриваемый период были определены два хорошо выраженных линейных тренда уменьшения осредненных значений. Выявлено влияния указанных особенностей главных компонент на структуру среднемесячных полей геопотенциальной поверхности АТ-500.

Список литературы

1. *Оцінка стану кліматичної системи Західної Антарктики у світлі мінливості циркуляційної тропосфери і низької стратосфери термічних та динамічних характеристик Південного океану, а також динаміки зледеніння. Звіт про науково-дослідну роботу №71, 2004.-с. 219.*
2. *Милашенко Г.П.* Карты повторяемости циклонов и антициклонов, траектории циклонов и распределение общей облачности по данным ИСЗ. Материалы по климату и циркуляции южного полушария. Вып. I. -Л.: Гидрометеиздат, 1978.-63с.
3. *Смирнов Н. П., Саруханян Э. И., Романова И. В.* Циклические центры действия атмосферы Южного полушария и изменение климата. СП б. Изд РГГМУ, 2005.- с.217.
4. *Луценко Э.И., Пряников С.М., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П.* Полугодовые колебания термобарических полей в северном и южном полушариях. Труды ААНИИ.- Т.371.- 1983.- с.6-18.
5. *Гирская Э. И., Сазонов Б.И.* Годовые колебания атмосферного давления.- Труды ГГО.- 1975.- Вып. 354.- С. 30-39.
6. *Школьний С.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д.* Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник.- К.: Міносвіти України.- 1999. – с. 600.

Головні компоненти полів геопотенціалу в атмосфері Західного сектору Південної півкулі. Галич Є.А., Сущенко А.І.

Виявлені основні особливості статистичної структури полів геопотенціалу ізобаричної поверхні 500 гПа в Західному секторі Південної півкулі. Одержані головні компоненти цих полів. Показані особливості часової мінливості великомасштабних компонент циркуляційних процесів в атмосфері в другій половині ХХ сторіччя. Здійснена процедура фільтрації часових рядів головних компонент. Визначені статистично значущі приховані періодичності і трендові компоненти в часових рядах головних компонент.

Ключові слова: структура, поля, геопотенціал, головні компоненти, періодичності.

Main components of the fields of geopotential in the atmosphere of the Western sector of the South hemisphere. Galich E.A., Souschenco A.I.

The basic features of statistical structure of the fields of the 500 gPa isobaric surfaces in the Western sector of the South hemisphere are exposed. The main components of these fields are received. Shown features of time changeability of large-scale component of circulation processes in the atmosphere in the second half of the XX century. Procedure of filtration of time series of main components have realized. The certain statistically components in the time series of main components have hidden.

Keywords: structure, fields, geopotential, main components, periodicity.