

Е.А. Галич, аспирант

Одесский государственный экологический университет

ОСОБЕННОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ ГЕОПОТЕНЦИАЛА В ЗАПАДНОМ СЕКТОРЕ ВЫСОКИХ ШИРОТ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

Задачей исследования является рассмотрение особенностей статистической структуры полей геопотенциала, обусловленной крупномасштабными атмосферными процессами. В качестве исходной информации используются данные реанализа среднемесячных значений высот изобарических поверхностей AT_{500} и AT_{200} за зимний период с 1981-1996 г.г., заданных в узлах регулярной сетки точек 2.5° на 2.5° . В качестве аппарата исследования использовались методы многомерного статистического анализа. Изучены особенности однородности и изотропности полей геопотенциала AT_{500} и AT_{200} , проведены аппроксимации пространственной структуры полей корреляции аналитическими выражениями.

Ключевые слова: структура, поля, геопотенциал, реанализ.

Вступление. Накопление материалов метеорологических измерений для стратосферы позволяет, в частности, создавать эмпирические схемы или модели среднего распределения метеорологических параметров в этом слое. Такие стандартные, или справочные, модели, необходимые для решения ряда прикладных задач, суммируют в определенном отношении представления о структуре и циркуляции верхней атмосферы.

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.

Изучению особенностей циркуляционных процессов в Южном полушарии посвящен ряд работ [10]. 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 [2,3,6,7,8]. Настоящая статья посвящена малоизученной проблеме – исследованию особенностей статистической структуры полей геопотенциала в верхней атмосфере высоких широт южного полушария. Методикой исследования послужил многомерный статистический анализ.

Материалы и методы исследований. Целью работы является исследование особенностей крупномасштабных циркуляционных процессов в западном секторе низких широт Южного полушария в верхней тропосфере и нижней стратосфере. Указанный сектор ограничивается меридианально 0° - 90° з.д. и широтами 90° - 40° ю.ш. В указанный сектор вошла южная часть Атлантического океана и юго-восточная акватория Тихого океана. Указанный сектор охватывает часть Антарктиды с Антарктическим полуостровом, с морями Беллинсгаузена и Уэдделла. В северной части сектора располагается южная часть Южно-Американского континента с проливом Дрейка.

В качестве исходной информации использовались данные реанализа среднемесячных значений высот изобарических поверхностей AT_{500} и AT_{200} за зимний период (июнь, июль, август) с 1981-1996 г.г., заданные в узлах регулярной сетки точек 2.5° на 2.5° .

Исходная информация в виде совокупности m метеорологических полей представлена матрицей порядка $n \times m$, где n – количество узлов сетки точек, m – объем выборки. В матрице ковариаций, которая определяется соотношением (1),

$$K_x = \frac{1}{m} \Delta X \Delta X' \quad (1)$$

содержится наиболее важная информация о статистической структуре метеорологических объектов. В нём ΔX - центрированная матрица исходных данных, ' – определяет операцию транспонирования матрицы. Элементы матрицы ковариаций рассчитываются по формулам:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m \Delta x_{is}^2, \quad K_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m \Delta x_{is} \Delta x_{js} \quad (2)$$

Если перемножить слева и справа матрицу ковариаций K_x на обратную диагональную матрицу σ^{-1} среднеквадратических отклонений, то получим матрицу корреляций R_x :

$$R_x = \sigma^{-1} K_x \sigma^{-1}. \quad (3)$$

Матрица корреляций и ковариаций включают важную информацию об особенностях статистической структуры метеорологических объектов. На основе диагональных элементов этой матрицы можно построить поле дисперсии метеорологической величины или среднеквадратических отклонений. В матрице корреляций содержится информация о статистической структуре n полей корреляции. Элементы этой матрицы характеризуют линейную корреляционную связь между метеорологической величиной в i -тых и j -тых узлах рассматриваемой сетки точек ($i, j = 1, n$).

Результаты исследований и их анализ. На рис.1 представлено поле средних значений геопотенциала поверхности АТ500, а на рис.2 - среднеквадратических отклонений.

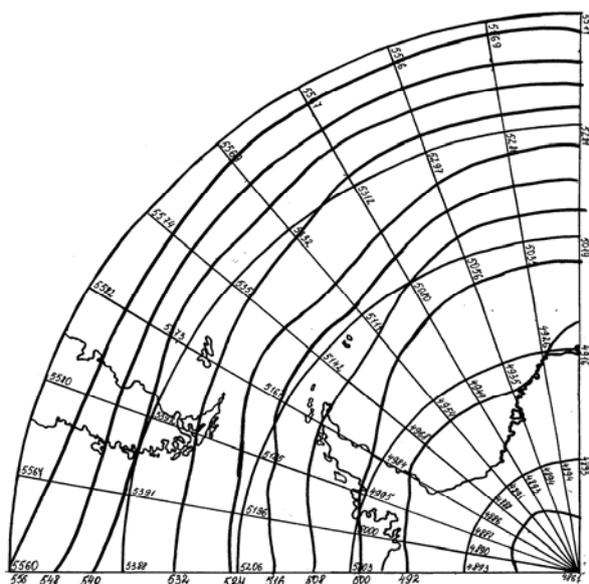


Рис. 1– Среднее поле геопотенциала АТ500.

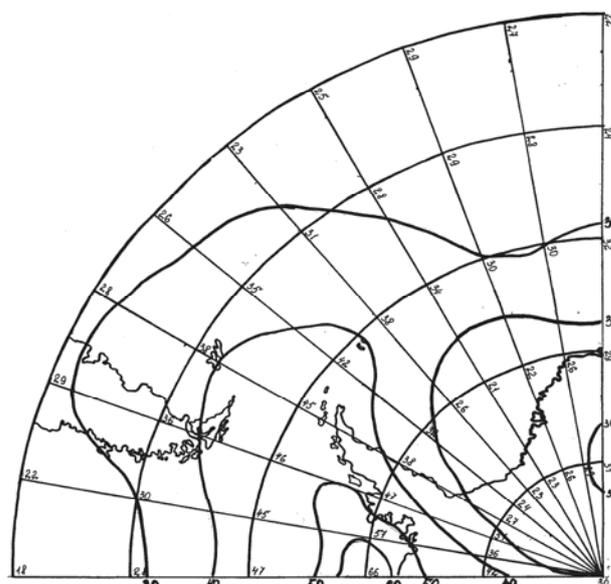


Рис. 2– Поле изменчивости геопотенциала АТ500.

Характер этих полей позволяет сделать вывод о том, что циркумпольярный циклонический вихрь зимнего сезона формируется не только на АТ200, но и отмечается на поверхности АТ500, а зоны наибольшей изменчивости располагаются над морем Беллингаузена и проливом Дрейка. Известно, что именно здесь имеет место интенсивная циклоническая деятельность [1,4,5].

Свойства однородности и изотропности случайных полей имеют важное значение. Обоснованное принятие гипотезы об этих свойствах позволяет значительно упростить целый ряд задач статистического моделирования метеорологических полей. Метеорологические поля, как правило, не обладают свойствами однородности и изотропности. Это относится и к рассматриваемым полям геопотенциалов, что подтверждают представленные на рис.1 и 2 поля средних значений и среднеквадратических отклонений. Однако, как указывается в работе [9], в ряде случаев, использование простого линейного преобразования

$$x_{ij} = \bar{x}_i + \sigma_i \varphi_{ij}, \quad (4)$$

где \bar{x}_i - среднее значение случайной величины; σ_i - её среднеквадратическое отклонение; φ_{ij} - безразмерная случайная величина, которая определяется соотношением:

$$\varphi_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_i}, \quad (5)$$

даёт возможность свести неоднородные и неизотропные поля к квазиоднородным и квазиизотропным.

Для исследования указанных свойств рассматриваемых полей геопотенциалов нами на основе рассчитанных матриц корреляции построены для каждой изобарической поверхности поля корреляции с разными полюсами. В качестве примера на рис.3 представлены поля корреляций геопотенциальных высот поверхности АТ500 с полюсами 60° ю.ш., 40° з.д. (А) и 60° ю.ш., 20° з.д. (Б) Анализ этих полей показывает, что и для АТ500, и АТ200 они представляют собой систему с практически концентрическими изокоррелятами.

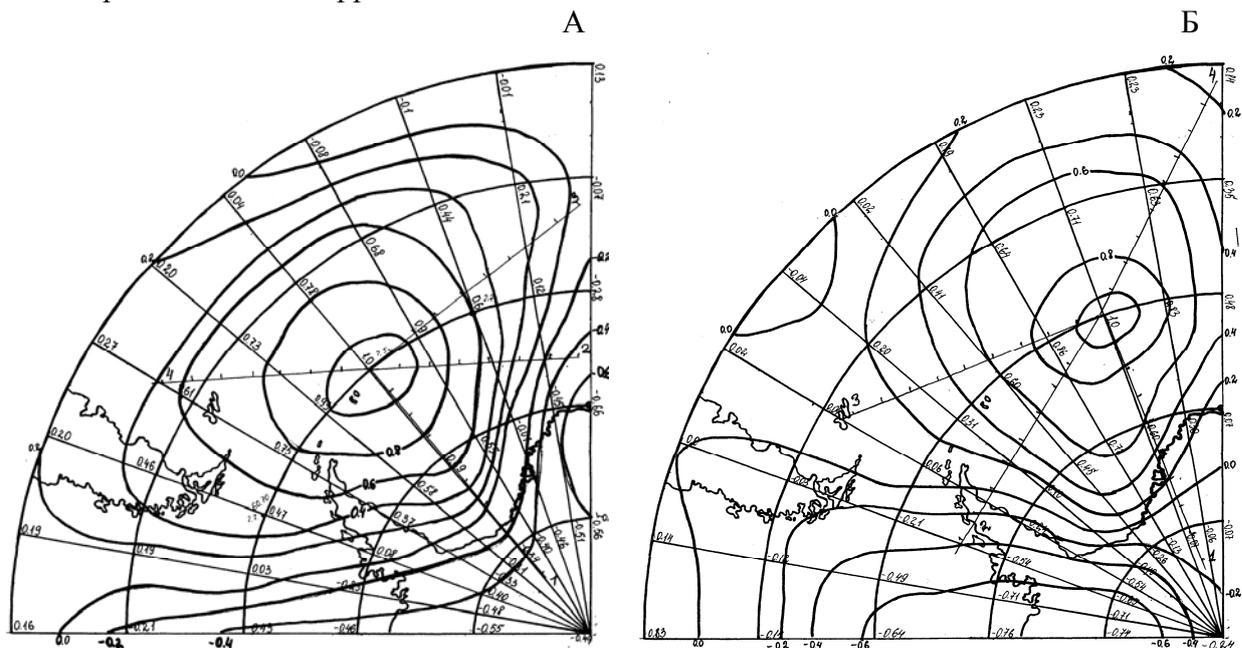


Рис. 3 - Поля корреляций для изобарической поверхности АТ500 с полюсами 60° ю.ш., 40° з.д.(А) и 60° ю.ш., 20° з.д. (Б).

Таким образом, характер полей корреляции даёт основание утверждать, что модифицированные исходные поля исследуемых величин можно рассматривать квазиоднородными.

Для исследования свойств изотропности проведены сечения в полей корреляции в различных произвольных направлениях и по этим сечениям построены пространственно корреляционные функции. Анализ корреляционных функций показал, что для каждой изобарической поверхности все корреляционные функции укладываются в узкий пучок, имея примерно, одинаковую форму. Поэтому они нанесены на общий график и по ним рассчитаны и построены осреднённые пространственные корреляционные функции для всех направлений. Осреднённые пространственно корреляционные функции для рассматриваемых изобарических поверхностей представлены на рис.4. Разброс точек на этих графиках, относительно осреднённой корреляционной функции, невелик. Проведенные оценки показывают, что рассматриваемые пространственные корреляционные функции укладываются в односигмовый доверительный интервал относительно осреднённых корреляционных функций на обеих изобарических поверхностях. Следовательно, модифицированные поля геопотенциалов АТ500 и АТ200 обладают свойством не только квазиоднородности, но и квазиизотропности.

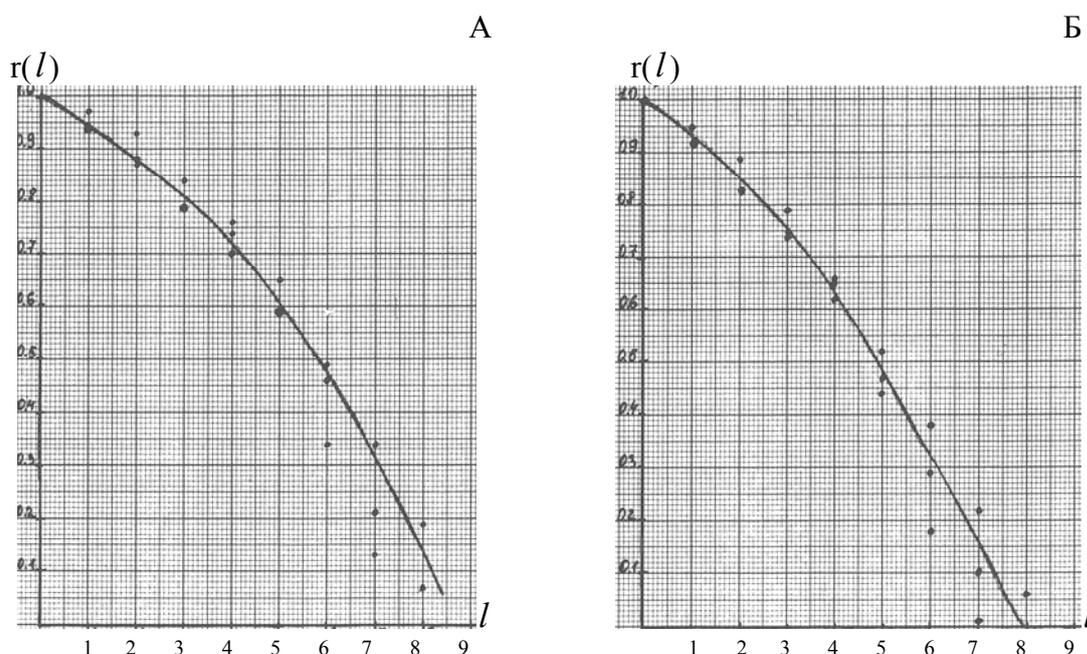


Рис. 4 – Осреднённые корреляционные функции полей геопотенциалов АТ200 (А) и АТ500 (Б).

Обобщенные свойства статистической структуры этих полей, таким образом, можно описать пространственной корреляционной функцией, если провести аппроксимацию осреднённых корреляционных функций для каждой изобарической поверхности аналитическим выражением. Вид функции свидетельствует о том, что аппроксимацию следует осуществлять на основе квадратической функции вида:

$$r(l) = a_2 l^2 + a_1 l + a_0, \quad (6)$$

где l - линейный масштаб.

Определение коэффициентов этого выражения осуществлялось на основе метода наименьших квадратов.

Минимизация метрики наименьших квадратов приводит к системам линейных алгебраических уравнений для изобарических поверхностей АТ500 и АТ200.

Решение этих систем уравнений осуществлялись с помощью метода Гаусса. В результате получены следующие значения искомым коэффициентов уравнений:

$a_0 = 1.026$, $a_1 = -0.07$, $a_2 = -0.007$ для уровня АТ500 и $a_0 = 1.16$, $a_1 = -0.213$, $a_2 = 0.011$ для АТ200.

Таким образом, пространственные корреляционные функции имеют вид:

$$r(l) = -0.007l^2 - 0.070l + 1.026, \quad (7)$$

для поверхности АТ500 и

$$r(l) = 0.011l^2 - 0.213l + 1.160, \quad (8)$$

для поверхности АТ200.

Выводы. Структура полей средних значений высот геопотенциальных поверхностей АТ500 и АТ200, а также полей их изменчивости (среднеквадратических отклонений) показывают, что исходные поля геопотенциалов не являются однородными и изотропными. В изучаемом регионе циркумполярный циклонический вихрь среднего зонального движения наблюдается не только на высотах поверхности АТ200, но и в средней тропосфере (поверхность АТ500). Наибольшая изменчивость высот изобарической поверхности как АТ500, так и АТ200 имеет место над морем Беллинсгаузена и поливом Дрейка, где отмечается максимум повторяемости траекторий циклонических вихрей.

С помощью простого линейного преобразования, неоднородные и не изотропные поля геопотенциалов исследуемых изобарических поверхностей удаётся свести к модифицированным квазиоднородным и квазиизотропным полям. Осреднённые корреляционные функции достаточно хорошо аппроксимируются отрезками парабол.

Список литературы

1. *Атмосфера*. Справочник. -Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 510 с.
2. *Гирская Э.И., Сазонов Б.И.* Годовые колебания атмосферного давления.- Труды ГГО.- 1975.- Вып. 354.- С. 30-39.
3. *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.
4. *Метеорология южного полушария* / Под ред. Ч.У. Ньютона.- Л.: Гидрометеиздат, 1976.-260 с.
5. *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.
6. *Справочник по климату Антарктиды*.- Т. II.- 1977. - 493 с.
7. *Средний абсолютный геопотенциал главных изобарических поверхностей от 1000 до 100 мбар в узлах картографической сетки южного полушария* / Под ред. Л.Г. Заставенко.-М.: Гидрометеиздат, 1972.-99 с.
8. *Средние значения температуры на изобарических поверхностях в узлах регулярной картографической сетки над южным полушарием*.-М.: ВНИИГМИ – МЦД.- 1974.- 123 с.

9. Школьный С.П., Лоева И.Д., Гончарова Л.Д. Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник.- К.: Міносвіти України.- 1999.- С. 331-421.
10. Оцінка стану кліматичної системи Західної Антарктики (району Антарктичного півострова), у світлі мінливості циркуляційної тропосфери і низької стратосфери термічних та динамічних характеристик Південного океану, а також динаміки зледеніння. Предварительный отчет по теме №71.- 2004.-С. 1-16.

Особливості статистичної структури полів геопотенціалу в західному секторі високих широт південної півкулі. Галич Є.А

Завданням дослідження був розгляд особливостей статистичної структури полів геопотенціалу, обумовленої великомасштабними процесами. В якості початкової інформації розглядаються дані реаналізу середньомісячних значень висот ізобаричних поверхонь AT500 і AT200 за зимовий період з 1981-1996 рр., заданих у вузлах регулярної сітки точок 2.5° на 2.5° . В якості апарату дослідження використовувались методи багатовимірної статистичного аналізу. Вивченні особливості однорідності і ізотропності полів геопотенціалу AT500 і AT200, проведені апроксимації просторової структури полів кореляції аналітичними виразами.

Ключові слова: структура, поля, геопотенціал, реаналіз.

Features of statistical structure of fields of geopotentials in the western sector of high breadthes of a southern hemisphere. Galich E.

The research problem was consideration of features of statistical structure of fields of the geopotential, caused by large-scale atmospheric processes. As the initial information is considered the data reanaliz monthly average values of heights of isobaric surfaces AT500 and AT200 for the winter period with 1981-1996. Set in units to a regular grid of points 2.5° on 2.5° . As the device of research methods of the multivariate statistical analysis were used. Features of uniformity and izotropnosti fields of geopotential AT500 and AT200 are investigated, approximations of spatial structure of fields of correlation by analytical expressions are lead.

Keywords: structure, fields, geopotential, reanaliz.