

**МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ**

На правах рукописи

КАЗАКОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ

**СТРУКТУРА ДОЛГОПЕРИОДНЫХ КОЛЕБАНИИ
ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИИ СЕВЕРНОЙ
АТЛАНТИКИ**

(специальность 04.00.22 – геофизика)

А в т о р е ф е р а т

**диссертация на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Севастополь, 1993



00802796 (W)

AB 28.735

рукописью.

Работа выполнена в Морском гидрофизическом институте
АН Украины.

Научный руководитель: доктор физико-математических
наук, профессор В.П. Красовский

Официальные оппоненты: доктор физико-математических
наук, профессор А.А. Березовский
доктор географических наук
А.Б. Полонский

Ведущая организация: Украинский научный центр экологии
моря Минприроды Украины (г.Одесса)

Защита диссертации состоится "28" января 1994 г.
в 11 час. 00 мин. на заседании Специализированного со-
вета Д 016.01.01. при Морском гидрофизическом институте АН
Украины.

Адрес Совета: 335000, Севастополь, ул.Капитанская, 2,
МГИ АН Украины.

Автореферат разослан "1" декабря 1993 г.

Ученый секретарь Специализи-
рованного совета

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Исследование структуры долго-периодных колебаний аномалий температуры воды и механизма их формирования представляет собой одно из важных направлений современной физики океана. Это объясняется как научной, так и чисто практической значимостью проблемы. Колебания климата оказывают существенное влияние на многие виды деятельности человека и экономику. Океан, являясь одним из важнейших компонентов климатической системы, определяет значительную долю ее многолетних колебаний.

Изучению межгодовых колебаний характеристик океана и атмосферы путем анализа эмпирических данных посвящено множество книг, монографий, обзорных публикаций, статей. Однако, значительная их часть страдает существенным недостатком: продолжительность временных рядов характеристик (особенно температуры воды) недостаточна для надежной оценки многолетней изменчивости и выделения из нее значимых трендов. Малоизученной остается межгодовая изменчивость глубинных температурных аномалий океана. Использование длительных рядов наблюдений (массивы "COADS", "Базрейс", наблюдения за приземным давлением и температурой воздуха) позволяет получить более надежные оценки вклада межгодовой изменчивости и трендовых составляющих в изменчивость исследуемых гидрометеорологических полей Северной Атлантики, которая освещена наблюдениями лучше многих других районов океана.

Известна значительная тепловая инерция океана в целом. Однако проявление этой инерции в аномалиях температуры воды отдельных областей океана при различном пространственно-временном ос-

реднении исследовано недостаточно.

При изучении временной изменчивости характеристик океана и атмосферы особый интерес представляет выделение тех из них, которые имеют медленно меняющуюся компоненту. Построение такой компоненты или оценка ее параметров является актуальной задачей. Последние десятилетия значительно усилилось антропогенное воздействие на окружающую среду.

Важность выделения естественного климатического хода характеристик среды (температуры океана и атмосферы) и отклика на это воздействие не вызывает сомнения. Медленно меняющаяся компонента строилась обычно путем фильтрации или разложения ряда наблюдений по заданной системе функций, например, полиномов. В этом случае рассматривался полиномиальный тренд. Основным недостатком этого способа является частный характер получаемой зависимости, которая имеет место лишь при заданных условиях для конкретного промежутка времени. В работе предлагается другой метод построения низкочастотной составляющей.

Цели и задачи исследования. Основная цель работы состоит в исследовании долгопериодной (масштаба год и более) изменчивости основных гидрометеорологических характеристик Северного полушария. Основное внимание при этом уделяется аномалиям температуры воды в Северной Атлантике. В работе ставится задача построения медленно меняющейся компоненты межгодовых колебаний аномалий температуры воды, получения и исследования зависимости этой компоненты от условий на поверхности океана — потоков тепла и импульса на основе решения линеаризованного уравнения теплопереноса, в предположении квазигеострофичности движения, и данных наблюдений. В работе также исследуется зависимость между аномалиями температуры воздуха над океаном и аномалиями барического

поля в предшествующий многолетний период.

Методы исследований. В основу исследования положены сведения задачи определения долгопериодных аномалий температуры океана к эволюционному дифференциально-операторному уравнению без начального условия, асимптотическое разложение решения этого уравнения в низкочастотной области спектра, методы корреляционного и дисперсионного анализа, математической статистики, разложения полей по естественным ортогональным функциям.

Основные научные результаты, вносимые на защиту.

1. Зависимость долгопериодной компоненты аномалий температуры воды от условий на поверхности.
2. Метод обработки данных наблюдений для выделения низкочастотной составляющей колебаний аномалий температуры океана, основанный на асимптотическом решении задачи определения аномалий.
3. Численные результаты, характеризующие многолетние колебания аномалий температуры воды Северной Атлантики.
4. Выводы о возможности использования полученного метода для выделения низкочастотной составляющей колебаний аномалий температуры воздуха над океаном, а также, о зависимости между аномалиями температуры воздуха и аномалиями барического поля в предшествующий период.

Личный вклад автора.

В процессе выполнения работы автор диссертации принимал непосредственное участие в постановке задачи, выборе и анализе аналитических и численных методов ее решения, получении результатов, анализе и геофизической интерпретации, составлении программного обеспечения ЭВМ, создании банка данных.

Практическая значимость работы.

Материалы диссертации расширяют знания и уточняют представления о структуре и механизме формирования крупномасштабной долгопериодной изменчивости температурных аномалий. Полученная зависимость может быть использована для решения некоторых задач теории климата, мониторинга океана, изучения отклика составляющих климатической системы на усиливающееся антропогенное воздействие.

Апробация работы.

Основные результаты представлялись и докладывались на научно-техническом Совете ЗО ИГи АН Украины (Кацивели, 1984, 1992), конкурсе молодых ученых ИГи АН Украины им. В. В. Шулейкина (Севастополь, 1985), VI Всесоюзном совещании пользователей океанографической информации (Обнинск, 1985), международном симпозиуме "Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана, Монок-2" (Ленинград, 1991), научном семинаре рабочей группы по проекту "Разрезн" (Севастополь, 1988, 1992), Всесоюзной математической школе "Нелинейные задачи математической физики и их приложения" (Кацивели, 1992), семинаре по геофизической гидродинамике (Москва, 1992).

Публикации.

Основное содержание диссертации отражено в 7 опубликованных работах, список которых приводится в конце автореферата.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 167 страницах машинописного текста, включая 43 рисунка и список литературы из 159 наименований, из которых 37 - зарубежных авторов.

СО Д Е Р Ж А Н И Е Р А Б О Т Ы

Во введении обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи исследований, отмечается новизна полученных результатов, кратко излагаются структура и содержание диссертации, результаты, выносимые на защиту, обосновывается практическое значение работы. Там же приводится подробный обзор литературы.

В первой главе исследуется крупномасштабная пространственно-временная изменчивость среднегодовых аномалий температуры океана (АТО), атмосферы и приземного барического поля.

В §1 дается подробная характеристика использованных в работе данных наблюдений. При анализе поля температуры поверхности океана были использованы данные наблюдений из архива "COADS". Весь массив включает 72 млн. наблюдений за 1854-1979 годы. В работе использованы наблюдения, выполненные в Северной Атлантике (25° - 65° с.ш.) за 1940-1979 гг. Для исследования глубинных температурных аномалий использованы данные архива порейсовых глубоководных наблюдений "Базрейс" (МЦД). Анализируются данные за 1940-1983гг. Для изучения процессов в атмосфере исследуются массивы наблюдений за приземной температурой и приземным давлением воздуха Северного полушария (ГГО, Гидрометцентр, МЦД). Отмечается, что наблюдения в атмосфере более полные и регулярные, и во многих регионах возможно их использование с начала века до 1990 года. Используются среднемесячные и среднегодовые аномалии указанных параметров в сетке $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ (океан) и $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ (атмосфера).

Исследование проведено с использованием методов корреляционного и дисперсионного анализа, математической статистики, разло-

жения полей по естественным ортогональным функциям. Показано, что существенная часть межгодовой изменчивости описывается низкочастотной составляющей – трендом. Рассматривается полиномиальный тренд. Даны его оценки, выделены районы с наибольшим вкладом трендовой компоненты и наибольшими значениями межгодовой изменчивости. В работе нашли подтверждение ряд выводов и предположений предыдущих исследователей [Угрюмов А.И., 1981; Лаппо С.С. и др., 1986; и др.] о том, что крупномасштабные колебания аномалий температуры воды тесно связаны с нестационарностью главных течений Северной Атлантики, а районы наибольших значений межгодовой изменчивости располагаются в системе этих течений. Кроме этого отмечено, что в Северной Атлантике существуют области со значительной инерцией АТО и эта инерция вызвана существенным вкладом длиннопериодной составляющей. Для АТО этот вклад особенно значителен в районах главных течений (40–70% и более) и растет с глубиной. Для аномалий температуры воздуха вклад тренда существенен в Северной Атлантике (до 70 – 80%).

Вклад межгодовых колебаний АТО в общую дисперсию, посчитанную по среднемесячным данным на большей части Северной Атлантики превышает 30% на поверхности и растет с глубиной.

Показано, что временные ряды приземного давления на масштабах 1 год и более не являются коротко коррелированными, каковыми их считали при меньшем (например, месячном) осреднении [Поляк И. И., 1975; Madden R.A., 1976; и др.].

В §3 исследована зависимость аппроксимативной размерности аномалий барического поля от масштаба временного осреднения.

Разложение по естественным ортогональным функциям поля аномалий приземного давления показало, что на масштабах год и более для надежной аппроксимации достаточно несколько первых мод. Ос-

новой вклад вносит первая мода, ее доля возрастает до 80% с ростом осреднения до 30 лет.

В §5 дается краткий обзор публикаций, в которых исследуются крупномасштабные характеристики теплообмена через поверхность океана.

Во второй главе описывается математическая постановка задачи определения крупномасштабных аномалий температуры океана (§1), проводится построение асимптотического разложения решения задачи (§2), рассматриваются алгоритмы численного решения этой задачи (§3). Моделированию аномалий путем численного интегрирования уравнений термогидродинамики океана посвящено значительное число работ [Добровольский С.Г., 1982; Adem J., 1970; Frankignoul C., Muller P., 1979; Manabe S., Bryan K., Spelman M.J., 1979; и др.]. Подробно рассматривались статистические свойства таких аномалий [Frankignoul C., Hasselmann K., 1977].

В отличие от этих работ в диссертации используется аналитическое представление решения через граничные данные задачи определения аномалий.

Распределение аномалий температуры океана T в некоторой области Ω описывается линеаризованным в окрестности стационарного решения уравнением теплопереноса

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} + (\bar{V}_0 \cdot \nabla T) + (\bar{V} \cdot \nabla T_0) = \frac{\partial}{\partial z} (k_z \frac{\partial T}{\partial z}) + \\ + \frac{\partial}{\partial x} (k \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k \frac{\partial T}{\partial y}) \end{aligned} \quad (1)$$

при краевых условиях :

$$\text{на поверхности океана } (z=0) \quad k_z \frac{\partial T}{\partial z} - \lambda T = Q,$$

на дне ($z = H(x, y)$) - (2)

$$\frac{\partial T}{\partial n} = 0,$$

на боковой границе Γ -

$$k \frac{\partial T}{\partial n_\Gamma} = Q_\Gamma$$

Здесь $T = T(x, y, z, t)$, $\bar{V} = (\bar{u}, \bar{v}, \bar{w})$ - вектор-функция x, y, z, t
 аномалия скорости течения; T_0, \bar{V}_0 - средние многолетние значения
 температуры и скорости; k_z, k - коэффициенты турбулентного
 обмена; $\lambda > 0$ - коэффициент обратной связи [Frankignoul С.,
 Hasselmann К., 1977]; n, n_Γ - нормаль к поверхности дна и боковой
 границе Γ ; Q, Q_Γ - заданные функции (аномалии); λ определено
 так, что Q не зависит от T в линейном приближении; $T_0, \bar{V}_0,$
 k_z, k, λ - не зависят от времени t .

Для определения \bar{V} используется простейшая квазигеострофическая модель крупномасштабных течений [Марчук Г.И., Саркисян А.С., 1988]. На основе этой модели \bar{V} выражается через производные величины плотности и функции полного потока. Касательное напряжение ветра заменено через производные атмосферного давления согласно соотношениям Аккерблома. Используется простейшее уравнение состояния $\rho = \alpha_0 T$. Таким образом для \bar{V} используется выражение

$$\bar{V} = A \nabla (\alpha_0 T) + B P, \quad (3)$$

где A, B - линейные стационарные операторы, действующие соответственно из $L_2(\Omega), L_2(S)$ в $L_2(\Omega)$; $P = (\Delta p, p_x, p_y)$, S - граница Ω на поверхности океана ($z=0$); $p = p(x, y, t)$ - аномалия давления

воздуха над океаном. Δ - оператор Лапласа по x, y .

Используя представление (3), уравнение (1) приводится к виду

$$\frac{\partial T}{\partial t} = LT - F \quad (4)$$

где оператор L определяется соотношением

$$LT \equiv \frac{\partial}{\partial z} \left(k_x \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) -$$

$$- (\bar{V}_0 \cdot \nabla T) - (A \nabla (\alpha_c T) \cdot \nabla T_0), \quad F = (B P \cdot \nabla T_0).$$

Дифференциально-операторное уравнение (4) при краевом условии (2) рассматривается как эволюционное уравнение в банаховом пространстве на полубесконечном интервале времени $(-\infty, t)$. Поэтому, начальное условие не нужно. Кроме того, L - стационарный оператор, его главная часть является линейным эллиптическим оператором 2-го порядка, так как $k_z, k > 0$.

Правая часть уравнения (4) F представляется в виде $F = C p$, где C - линейный стационарный оператор, содержащий дифференцирование по x, y до 2-го порядка.

На основании свойств оператора Грина задачи (4), (2) и его представления с помощью преобразования Лапласа для решения этой задачи получена оценка :

$$\|T\|_{L_2(\Omega)}^2 \leq M \int_{-\infty}^t e^{-2\mu(t-\tau)} (\|F\|_{L_2(\Omega)}^2 + \|Q\|_{L_2(S)}^2 + \|Q_\Gamma\|_{L_2(r)}^2) d\tau, \quad (5)$$

где $0 < \mu < \lambda_0$, $M = M(\mu)$, $F = F(X, \tau)$, $Q = Q(X, \tau)$,

$Q_T = Q_T(X, z)$, $T = T(X, t)$, $X = (x, y, z)$; здесь

$\lambda_0 = \min_i \operatorname{Re} \lambda_i$, $i = 1, 2, 3, \dots$, λ_i — спектр задачи

Неймана с однородными условиями (2) для оператора $-L$. Предполагается, что $\lambda_0 > 0$. Это равносильно естественному предположению о диссипаций аномалий, т.е. убывании T с ростом t , если $F, Q, Q_T = 0$ при $t > 0$. Таким образом, полученная оценка (5) позволяет строить приближенное решение задачи (4), (2), используя аппроксимацию \bar{F} , Q, Q_T в метрике определяемой правой частью (5). В дальнейшем изложении для сокращения записи предполагается $Q_T = 0$.

В §2 второй главы проводится построение асимптотического разложения решения задачи (4), (2). Функции p и Q приближаются полиномами по $(t-z)$ при фиксированных y, t ($y = (x, y, t)$) в метрике, определяемой правой частью (5):

$$p(y, z) = \sum_{i=0}^n A_i(y, t)(t-z)^i + R_n(y, z, t),$$

(6)

$$Q(y, z) = \sum_{i=0}^n B_i(y, t)(t-z)^i + R'_n(y, z, t)$$

A_i, B_i определяются из условия минимума J, J' :

$$J = \int_{-\infty}^t R_n^2 e^{-2\mu(t-z)} dz, \quad J' = \int_{-\infty}^t R_n'^2 e^{-2\mu(t-z)} dz.$$

В силу полноты системы многочленов по $(t-z)$ величины $CR_n, R'_n \rightarrow 0$ в (6), а потому в силу (5) приближенное решение T_n

сходится к точному решению T при $n \rightarrow \infty$. В этом параграфе проведена оценка разности спектра функций T и T_n :

$$|T^*(y, \omega) - T_n^*(y, \omega)| \leq M \left(\frac{\omega}{\mu}\right)^{n+1}$$

где M не зависит от ω , μ : $0 < \mu < \mu_0$, $M = M(\mu_0)$, μ_0 - любое положительное число.

Таким образом показано, что T_n^* является асимптотикой спектра T^* порядка n при малых ω . Это означает, что долгопериодные компоненты приближенного и точного решений T_n , T отличаются тем меньше, чем больше минимальный период $2\pi/\omega$ этих компонент. В частности, при осреднении по времени T и T_n разница между ними стремится к 0 с ростом периода осреднения. Кроме того, здесь же приведена оценка спектра T_n на высоких частотах. Она свидетельствует о том, что T_n можно рассматривать как результат низкочастотной фильтрации полей p, Q ; параметр μ определяет границу спектрального окна. Аналогичный результат следует из модели Хассельманна (1977).

В §3 второй главы описывается алгоритм численного решения задачи (4), (2), использующий данные наблюдений. Коэффициенты A_i, B_i представляются в виде:

$$A_i(y, t) = \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij}(y) \psi_{ij}(t) + V_{im_i}, \quad (7)$$

$$B_i(y, t) = \sum_{j=1}^{m_i} b_{ij}(y) \psi_{ij}(t) + W_{im_i}, \quad (8)$$

где $V_{im_i}, W_{im_i} \rightarrow 0$ при $m_i \rightarrow \infty$.

Используется разложение A_i, B_i по естественным ортогональным функциям (ЕОФ). Для приближенного решения получается следующее соотношение :

$$T_{mn}(X, t) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} [g_{ij}(X)\varphi_{ij}(t) + g'_{ij}(X)\psi_{ij}(t)] ,$$

где $m = (m_0, \dots, m_n)$, $T_{mn} \rightarrow T_n$ при $m_i \rightarrow \infty$.

Функции φ_{ij}, ψ_{ij} определяются лишь данными задачи, т.е. полями p, Q и могут считаться известными. Для нахождения g_{ij}, g'_{ij} использован метод наименьших квадратов и данные наблюдений. Параметр μ находится из условия минимума погрешности приближенного решения при заданном n .

Таким образом показано, что долгопериодная компонента колебаний АТО является линейной комбинацией характеристик полей p, Q , осредненных за предшествующий период времени.

Третья глава посвящена описанию численной реализации определения долгопериодной компоненты температурных аномалий. Рассматривается главная компонента асимптотики, т.е. T_{m0} . Кроме того, принято $Q=0$ ввиду отсутствия необходимых рядов наблюдений поля Q , т.е. определяется та часть АТО, которая непосредственно связана с течениями. Параметр m_i выбран из условия, что на долю первых m_i ЕОФ приходится не менее 90% дисперсии A_i .

В §1 рассматривается численная реализация этого метода для определения АТО области Ω , считая Ω частью Северной Атлантики ($25^\circ - 65^\circ$ с.ш.). Для построения временных рядов аномалий температуры поверхности океана (АТПО) использованы данные архива "COADS", а для других горизонтов - осредненные данные массива "Базрейс". Рассмотрены среднегодовые значения. При нахождении

A_0 принято $\rho(X, \tau) = 0$ при $t - \tau > 50$ (t, τ измеряются в годах). Это допущение вызвано ограниченностью длины временных рядов величин ρ и T . Исследована зависимость доли дисперсии, приходящейся на первые m ЕОФ разложения величины A_0 , от величины μ .

Для построения асимптотики АТПО, осредненных по всей поверхности области Ω получены следующие значения параметров:

$m = m_0 = 3$, $\mu = 0,035 \frac{1}{год}$. Большая часть изменчивости АТПО, в этом случае, описывается первой составляющей. Оценена доля дисперсии, описываемая T_{m_0} при $m=1$ (77%) и при $m=3$ (80%).

Исследования показали, что АТПО имеют медленно меняющуюся компоненту, а разность АТПО и T_{m_0} представляет собой короткокоррелированную величину и практически такой компоненты не содержит.

Аналогичные выводы получены и при рассмотрении поля АТПО. Доля дисперсии, описываемая асимптотикой T_{m_0} здесь меньше, чем для осредненных по поверхности данных, однако для большей части области Ω она превышает 40 - 50%. Для подповерхностных горизонтов такое построение асимптотики выполнено в нескольких 5⁰-них квадратах Марседена на стандартных горизонтах от 50 до 1000 м, обеспеченных наблюдениями с 1949 по 1979 гг. Показано, что асимптотика T_{m_0} АТО на глубоководных горизонтах и на поверхности обладает аналогичными свойствами, описывая медленно меняющуюся компоненту колебаний АТО.

В этом же параграфе приведены результаты, относящиеся к построению последующих членов асимптотики T_{mn} ($n > 1$). Показано, что построение последующих членов асимптотики методом наименьших квадратов, по-видимому, имеет смысл лишь при существенном увеличении длины используемых временных рядов.

В §2 третьей главы приведенный метод определения АТО исполь-

зован для оценки аномалий температуры воздуха над Северной Атлантикой. На масштабах год и более существует тесная статистическая зависимость между АТПО и воздуха над океаном (коэффициент корреляции 0,8 - 0,9). В работе эта зависимость представлена в виде

$$T_a = D T_w + \delta,$$

где T_w, T_a - соответственно АТПО и воздуха над ним, D - линейный, не зависящий от t , оператор, δ - случайная величина.

Численная реализация определения аномалий температуры воздуха проведена для области Ω Северной Атлантики ($25^\circ - 65^\circ$ с.ш.).

Показано, что половина дисперсии среднегодовых значений поля температуры воздуха области Ω описывается приближенным решением при $m=3$, а в самом приближенном решении более 70% этой дисперсии приходится на долю первой составляющей. Для осредненных по поверхности области данных эти значения увеличиваются и составляют 84% и свыше 90% соответственно.

Здесь же показана возможность использовать указанное решение как естественный климатический тренд, при анализе короткопериодных колебаний климата.

Первая ЕОФ разложения A_0 имеет изолинии, носящие зональный характер. Ее значения положительны в южной части области Ω и отрицательны в северной. Расположение нулевой изолинии примерно соответствует северной границе антициклонического круговорота. Такая структура первой ЕОФ отражает известные Северо-Атлантические колебания (САК) [Нестеров Е.С., 1992]. В диссертации показано, что индекс САК, определяемый разностью давления в центрах действия, связан с амплитудой первой ЕОФ. Коэффициент корреляции между индексом САК, осредненным аналогично полю дав-

ления (A_0) и среднегодовыми значениями температуры воды и воздуха, осредненными по области Ω , составил 0,71 и 0,67 соответственно. Распределение коэффициента корреляции для полей АТПО и воздуха характеризуется значимыми положительными значениями для большей части рассматриваемой области Северной Атлантики.

В заключении диссертации обсуждаются свойства построенной асимптотики, целесообразность ее использования при анализе климатических колебаний, особенности предложенного метода построения. Здесь же кратко сформулированы основные результаты и выводы проведенного исследования :

- построена зависимость долгопериодной компоненты аномалий температуры океана от условий на его поверхности - потоков тепла и импульса. Сопоставлением полученных на ее основе результатов с эмпирическими данными, показана возможность применения предложенной зависимости для построения и исследования низкочастотной составляющей аномалий температуры океана и воздуха над ним;

- получено асимптотическое разложение решения задачи определения аномалий температуры океана. Показано, что долгопериодная компонента колебаний аномалий является линейной комбинацией амплитуд первых ЕОФ поля аномалий давления воздуха, осредненных за многолетний предшествующий период;

- полученная зависимость показывает, что рост индекса Северо-Атлантических колебаний в предшествующий многолетний период влечет за собой повышение температуры океана и воздуха над ним;

- установлено, что временной ход аномалий температуры различных областей океана может описываться линейной комбинацией небольшого числа одних и тех же функций времени. Отсюда следует возможность существования зависимости между аномалиями темпера-

туры воды одних областей океана и давления воздуха над ним других его областей. Отсюда же следует определенная синхронность в колебаниях аномалий температуры различных областей океана, или наличие зависимости между такими колебаниями. Подобные зависимости известны. Построенная здесь асимптотика дает один из возможных механизмов такой зависимости:

- главная часть асимптотики может рассматриваться как естественный тренд в многолетних колебаниях аномалий температуры. Полученная зависимость носит более общий характер, нежели, к примеру, полиномиальный тренд, имеет место для любого отрезка времени и связана с использованными наблюдениями лишь точностью оцениваемых параметров;

- показано, что многолетние колебания аномалий температуры океана и воздуха над ним могут быть представлены в виде суммы медленно меняющейся составляющей и быстро меняющегося остатка, носящего характер белого шума. Указанная составляющая описывает большую часть межгодовой изменчивости температурных аномалий океана и воздуха над ним. Эта часть с возрастанием пространственного и временного осреднения увеличивается;

- проведено исследование статистической структуры полей температурных аномалий океана и атмосферы, давления воздуха, используя наиболее полные массивы эмпирических данных с целью изучения длиннопериодных колебаний этих параметров. Получены оценки вклада межгодовой изменчивости и низкочастотных составляющих в изменчивость исследуемых полей.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

1. Казаков С.И., Берестовая Е.В., Амельченкова Н.П. Формирование и описание банка океанографических данных 30 ИГИ АН УССР. Методы и результаты контроля океанографической информации

//Труды ВНИИГМИ - МЦД - 1987 - вып.138. - с.32-37.

2. Казаков С.И., Брилева Л.А. Многолетняя изменчивость аномалий температуры Северной Атлантики //В сб.: Гидрофизические исследования Атлантического океана и Черного моря. МГИ АН УССР. Севастополь, 1987.- с.40-58. Рук. деп. в ВИНТИ 15.04.87, N2600-В87.
3. Красовский Ш.П., Казаков С.И., Берестовая Е.В. Об инерционности температурных аномалий Северной Атлантики // Метеорология и гидрология - 1988, N4.- с.92-99.
4. Казаков С.И. О межгодовой изменчивости поля приземного давления воздуха //Метеорология и гидрология - 1991, N6.- с.22-27.
5. Красовский Ш.П., Казаков С.И. Оценка долгопериодных колебаний океанологических параметров //Программа II международного симпозиума "Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана (Монок-2), Ленинград, 1991, с.15.
6. Красовский Ш.П., Казаков С.И. О выделении долгопериодной составляющей колебаний температуры воды Северной Атлантики //Океанология 1992, т.3, вып.2.- с.219-227.
7. Красовский Ш.П., Казаков С.И. Связь многолетних колебаний температуры и давления воздуха над океаном //Метеорология и гидрология, 1993, N4.- с.53-59.

464154

АВ 28.735

КАЗАКОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ

СТРУКТУРА ДОЛГОПЕРИОДНЫХ КОЛЕБАНИИ

ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИИ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

А в т о р е ф е р а т

Подписано в печать 26.10.1993 г.

Формат бумаги 60 x 90 1/16

Объем 1 уч. изд. л.

Заказ 463

Тираж 100 экз.

Отпечатано в ИПЧ " Экоси - Гидрофизика ".

335000, Севастополь, ул. Ленина, 28.