

# **Изменчивость современного климата и возможности спутникового мониторинга за состоянием системы океан- атмосфера**

*М.В. АНИСИМОВ, В.И. БЫШЕВ, В.Б. ЗАЛЕСНЫЙ,  
С.Н. МОШОНКИН, В.Г. НЕЙМАН, И.В. СЕРЫХ*



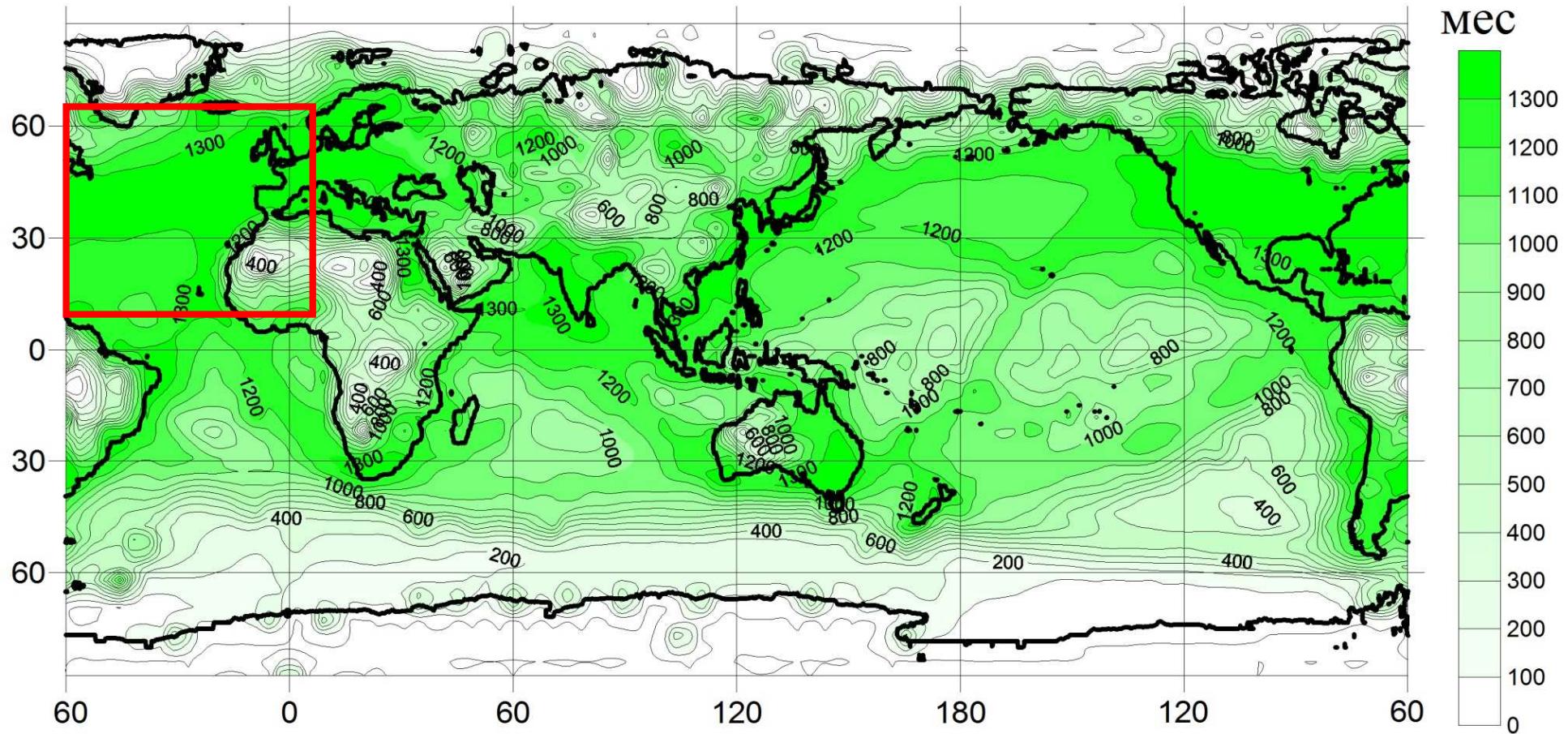
**Москва, ИКИ, 2011**

**На основе диагноза векового ряда (1899-2000гг.) типов атмосферной циркуляции, по Дзердзеевскому, авторами получен вывод о том, что изменчивость современного климата определяется двумя формами флюктуаций: относительно короткопериодными вынужденными возмущениями (периоды 2-8 лет), циклическими колебаниями (20-50 лет) и вековым трендом.**

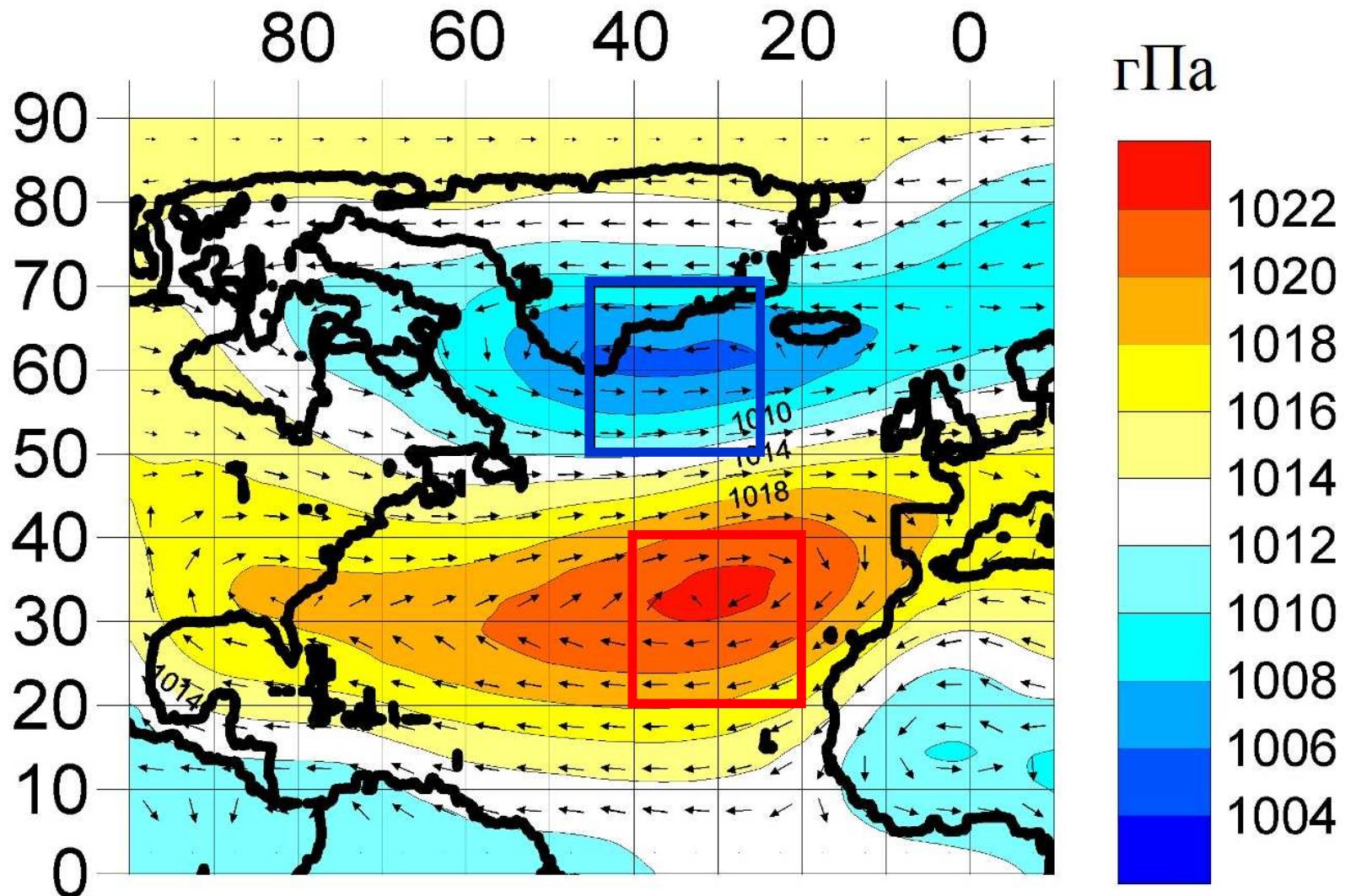
**Изменчивость атмосферной циркуляции определяет характер соответствующей эволюции всех основных климатических параметров системы океан-атмосфера-материк, к числу которых относятся приповерхностная температура, атмосферное давление, влажность, облачность и др.**

- Расчеты нелинейных трендов приповерхностной температуры показали, что над океанами и континентами на масштабах внутривековой изменчивости эти параметры оказались разнонаправленными. Этот результат дал основание сформулировать гипотезу о том, что фазовая эволюция современного климата определяется глобальным перераспределением тепла между океанами и континентами, осуществляемого посредством системы атмосферной циркуляции.

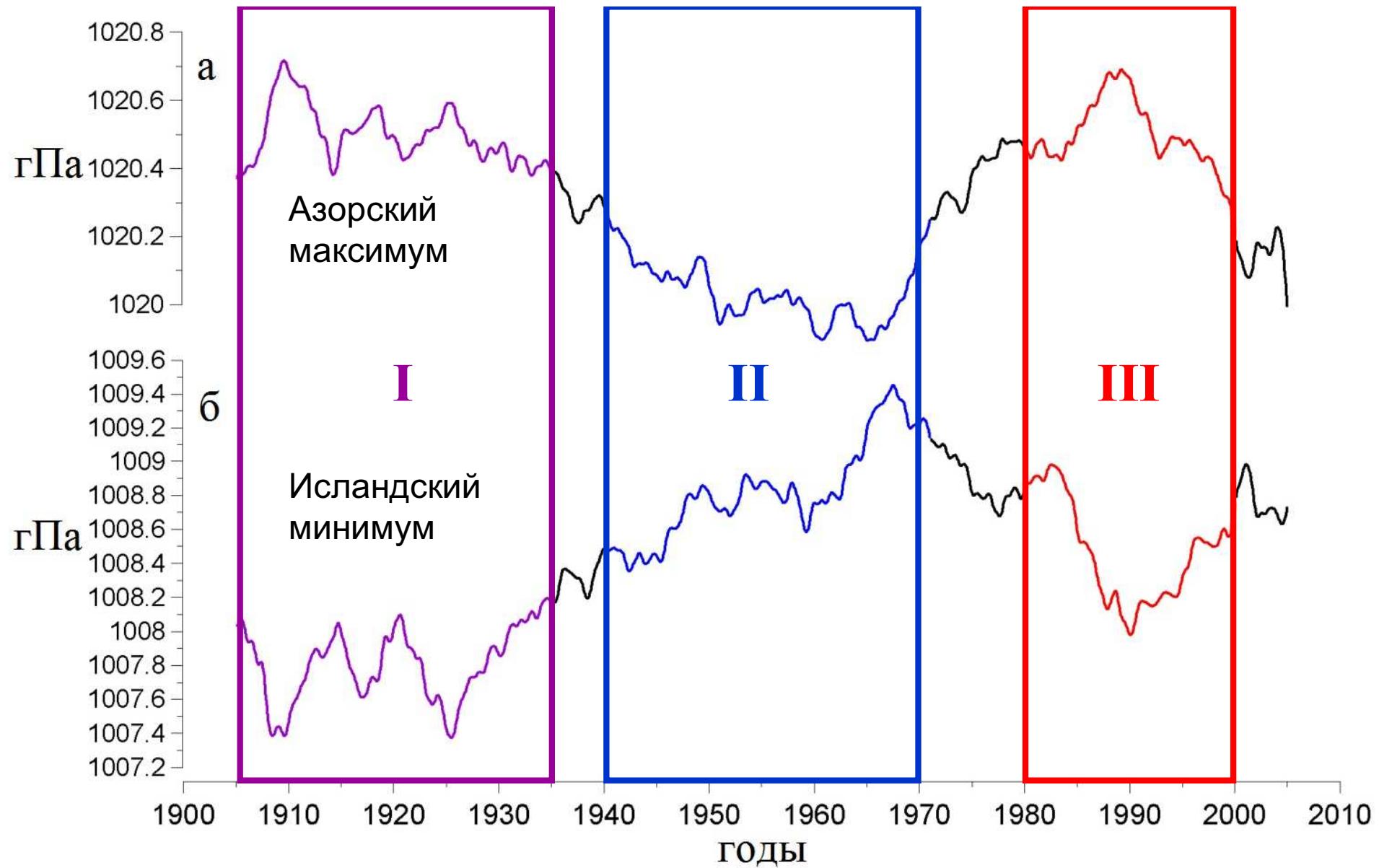
# Количество месяцев с данными



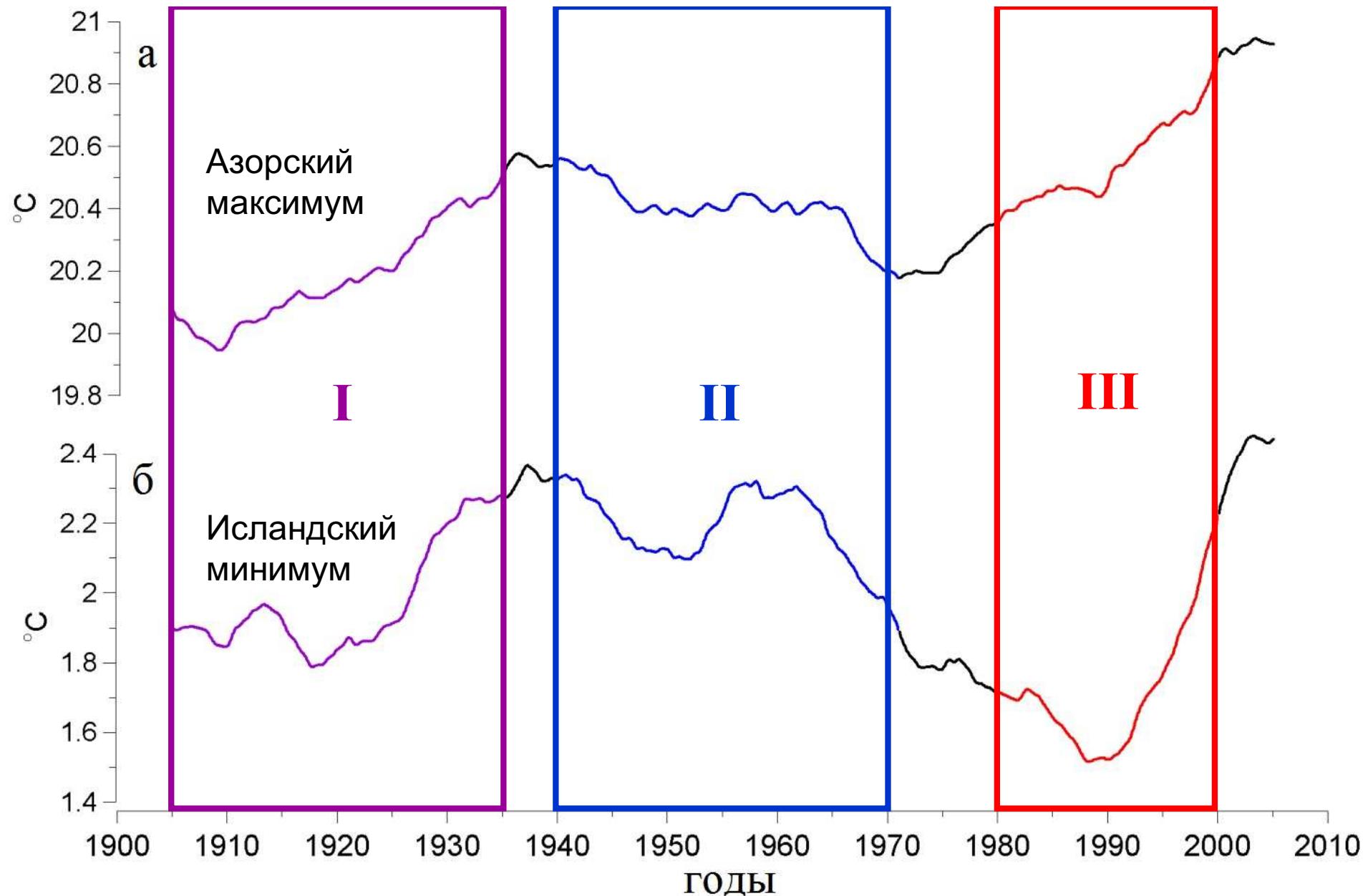
Данные наблюдений, предоставленные Met Office Hadley Centre.  
Количество месяцев с данными приповерхностной температуры за  
1900-2010 гг.



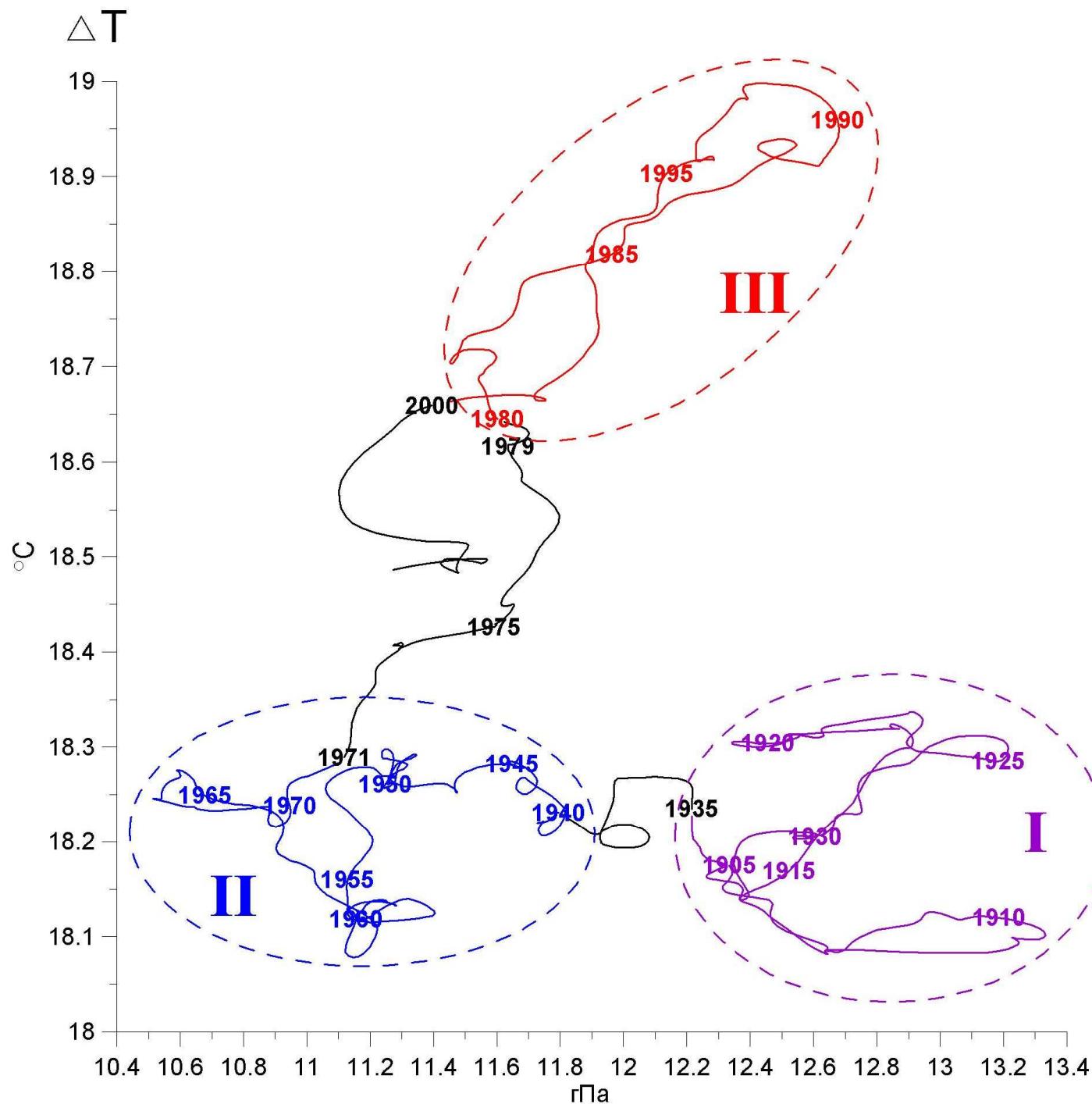
Среднее многолетнее (1900-2010 гг.) поле атмосферного давления на уровне моря в Северной Атлантике и соответствующее ему поле геострофического ветра. Квадратами выделены районы **Азорского максимума (20-40 с.ш.; 40-20 з.д.)** и **Исландского минимума (50-70 с.ш.; 45-25 з.д.)**.



Вековой ход атмосферного давления в Азорском (а) и Исландском (б) центрах действия атмосферы. Различным цветом выделены климатические сценарии: I) 1905-1934, II) 1940-1970, III) 1980-1999.



Вековой ход температуры поверхности океана в Азорском (а) и  
Исландском (б) центрах действия атмосферы. Различные  
климатические сценарии: I)1905-1934, II)1940-1970, III)1980-1999.

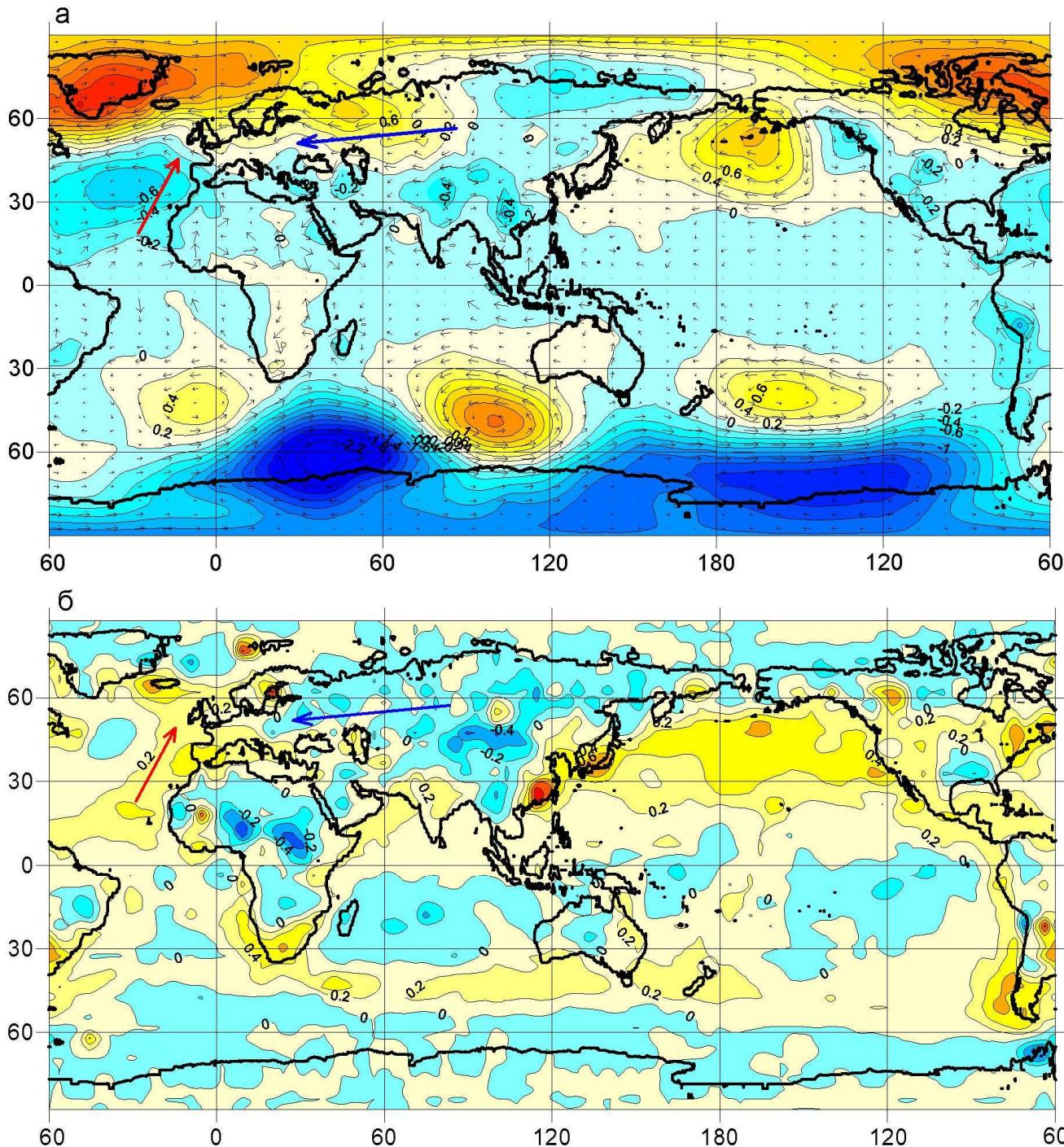


Фазовая траектория термобарического параметра состояния Северо-Атлантического колебания (разными цветами выделены фазовые подмножества, соответствующие различным сценариям климата):

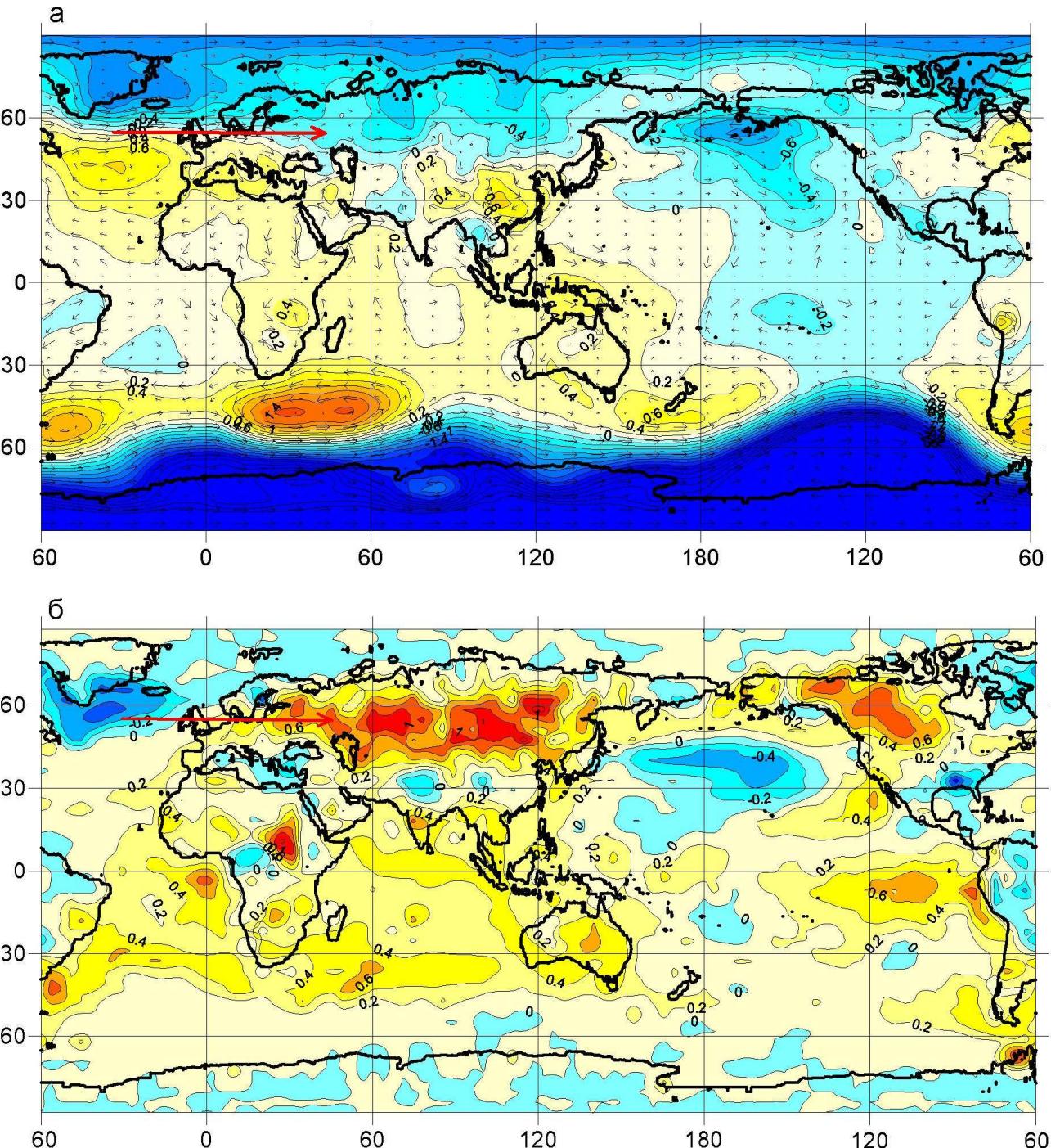
- I) 1905-1934,
- II) 1940-1970,
- III) 1980-1999.

**Под термином климатический сценарий обычно понимается некоторая совокупность климатических событий определенного временного масштаба, описываемых численными моделями общей циркуляции атмосферы и океана.**

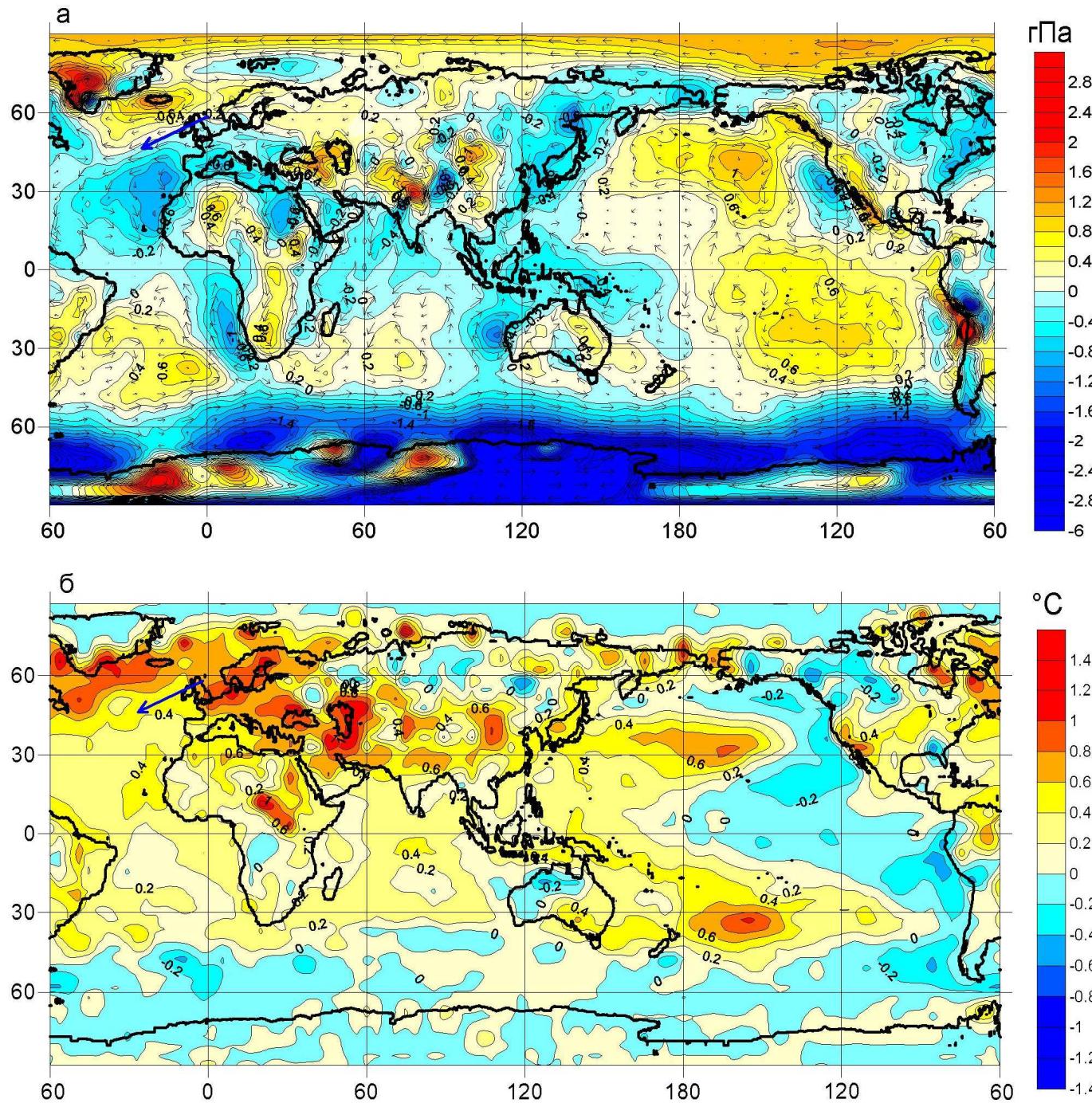
**Нам представляется, что целесообразно расширить данное понятие, распространив его на ограниченный некоторым временным масштабом спектр термодинамических состояний реальной климатической системы в определенном фазовом пространстве.**



Климатические изменения глобального поля атмосферного давления на уровне моря (а) и приповерхностной температуры (б) между периодами II) 1940-1970 гг. и I) 1905-1934 гг. Стрелками указаны аномалии направления геострофического ветра.

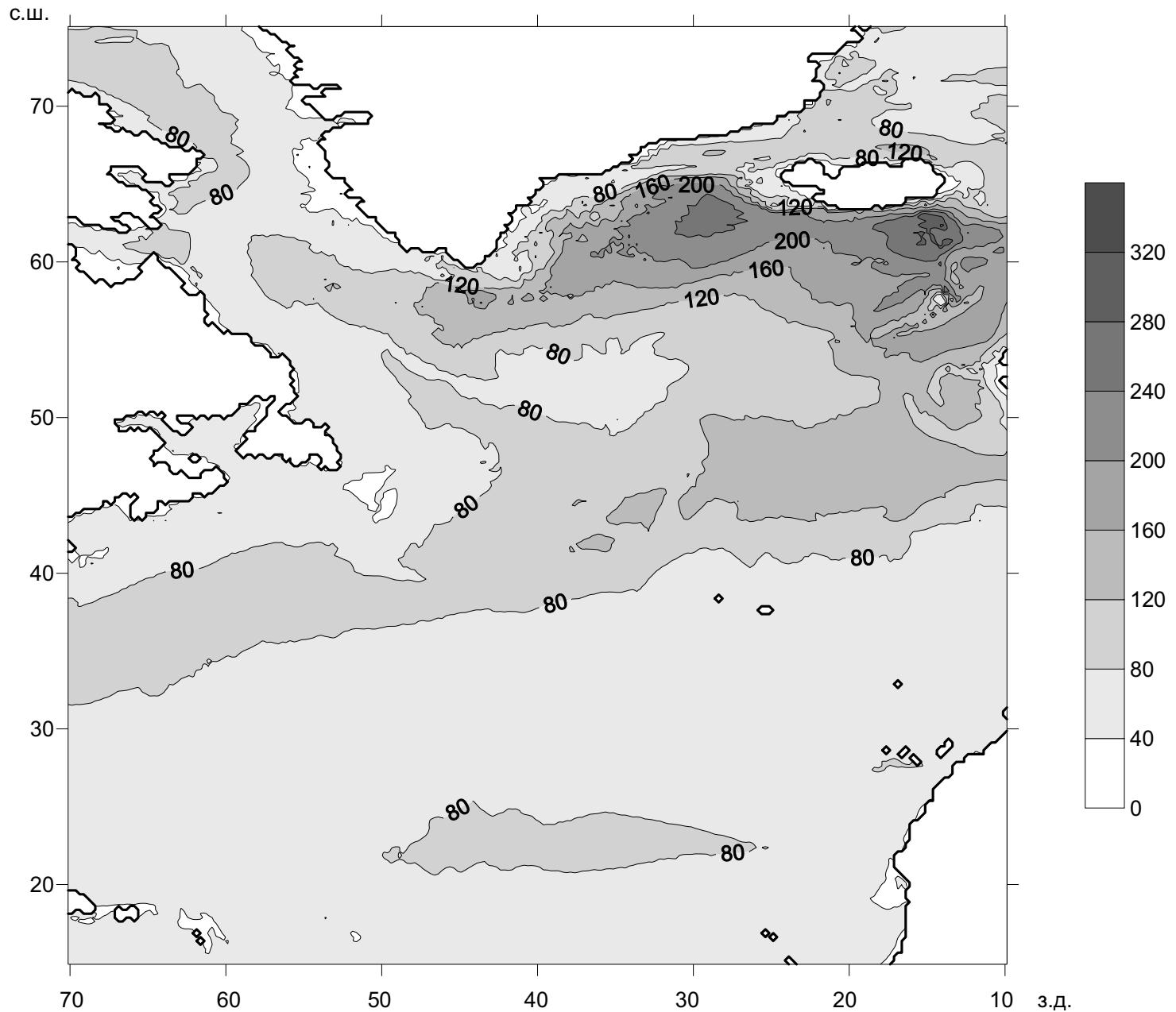


Климатические изменения глобального поля атмосферного давления на уровне моря (а) и приповерхностной температуры (б) между периодами III) 1980-1999 гг. и II) 1940-1970 гг. Стрелками указаны аномалии направления геострофического ветра.

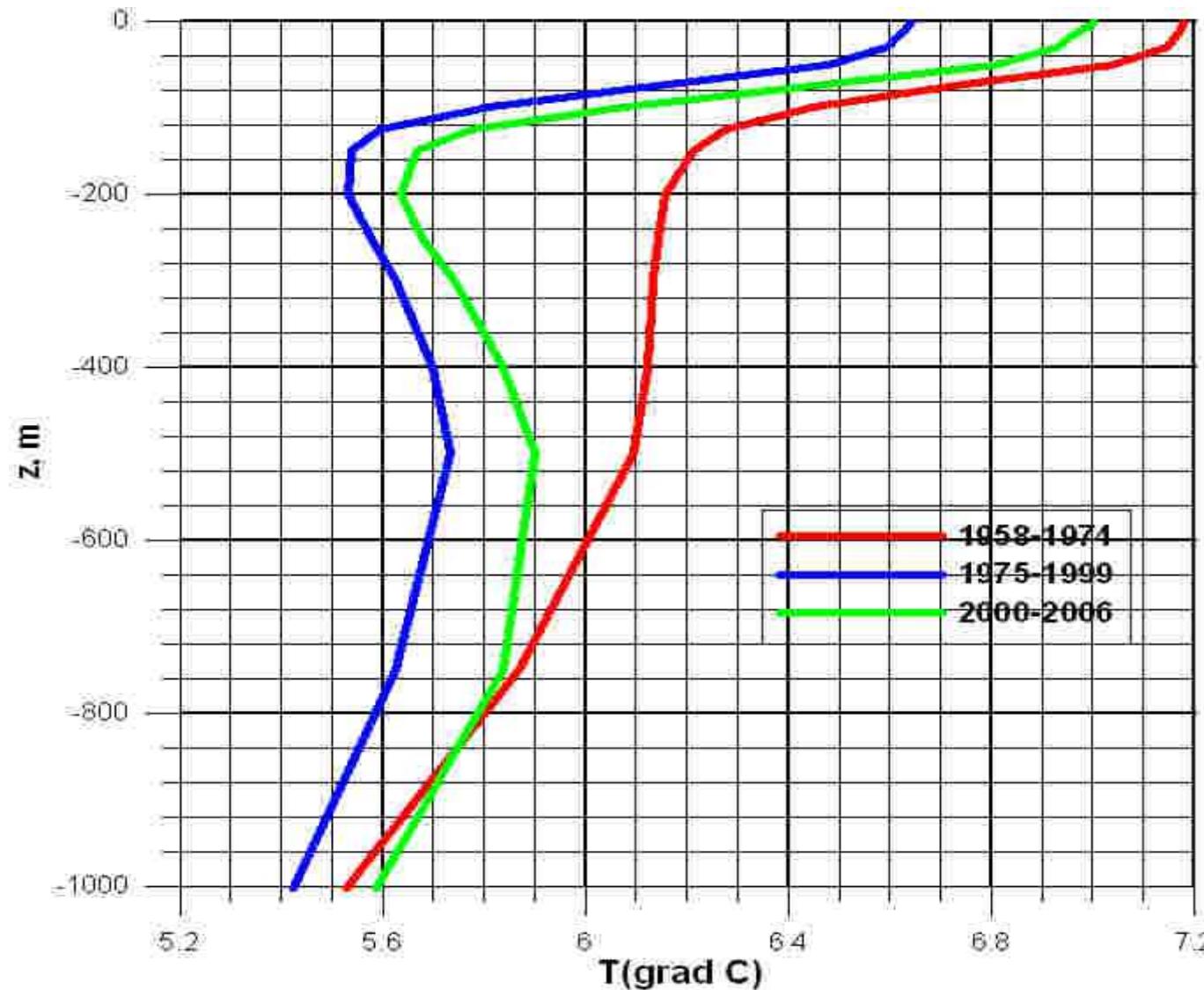


Климатические  
изменения  
глобального поля  
атмосферного  
давления на  
уровне моря (а) и  
приповерхност-  
ной температуры  
(б) между  
периодами  
2000-2010 гг. и  
III)1980-1999 гг.  
Стрелками  
указаны  
аномалии  
направления  
геострофичес-  
кого ветра.

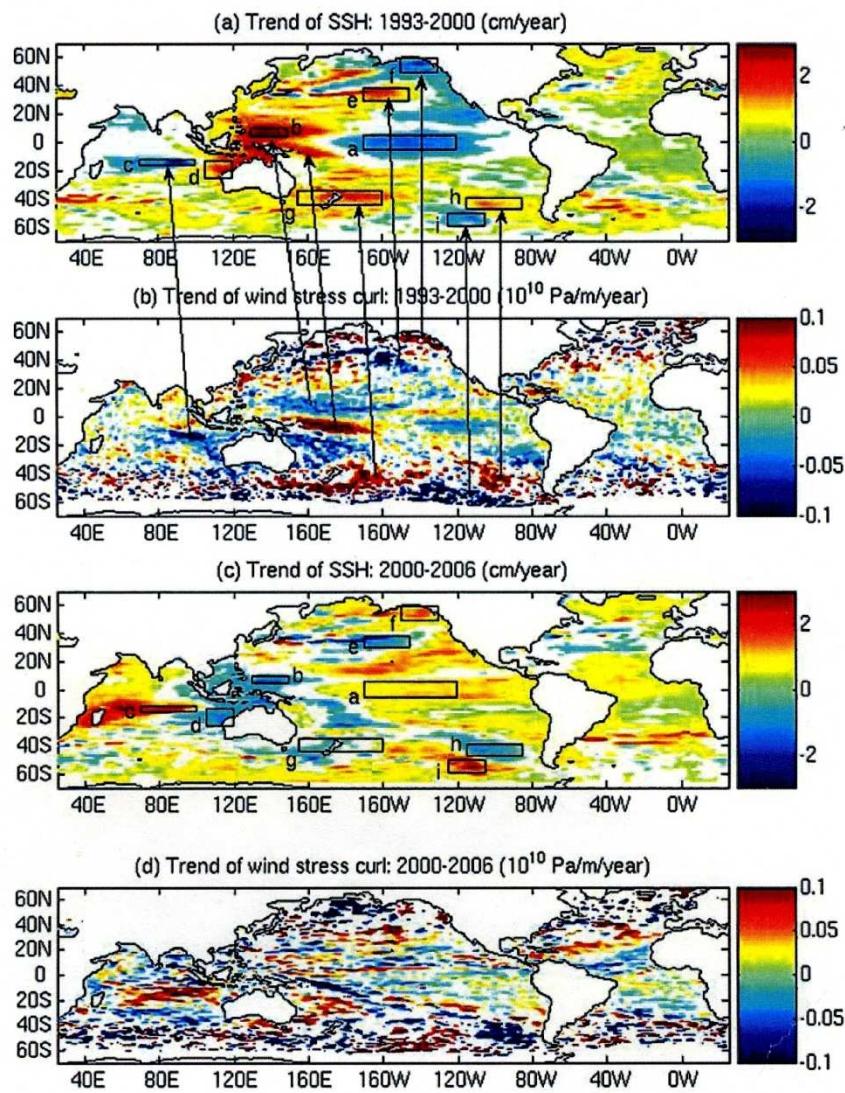
- Изучение особенностей внутривековых изменений атмосферной циркуляции и аномалий приповерхностной температуры позволяет интерпретировать междекадные квазициклические колебания климата как проявления фаз усиления и ослабления теплообмена океана с атмосферой.



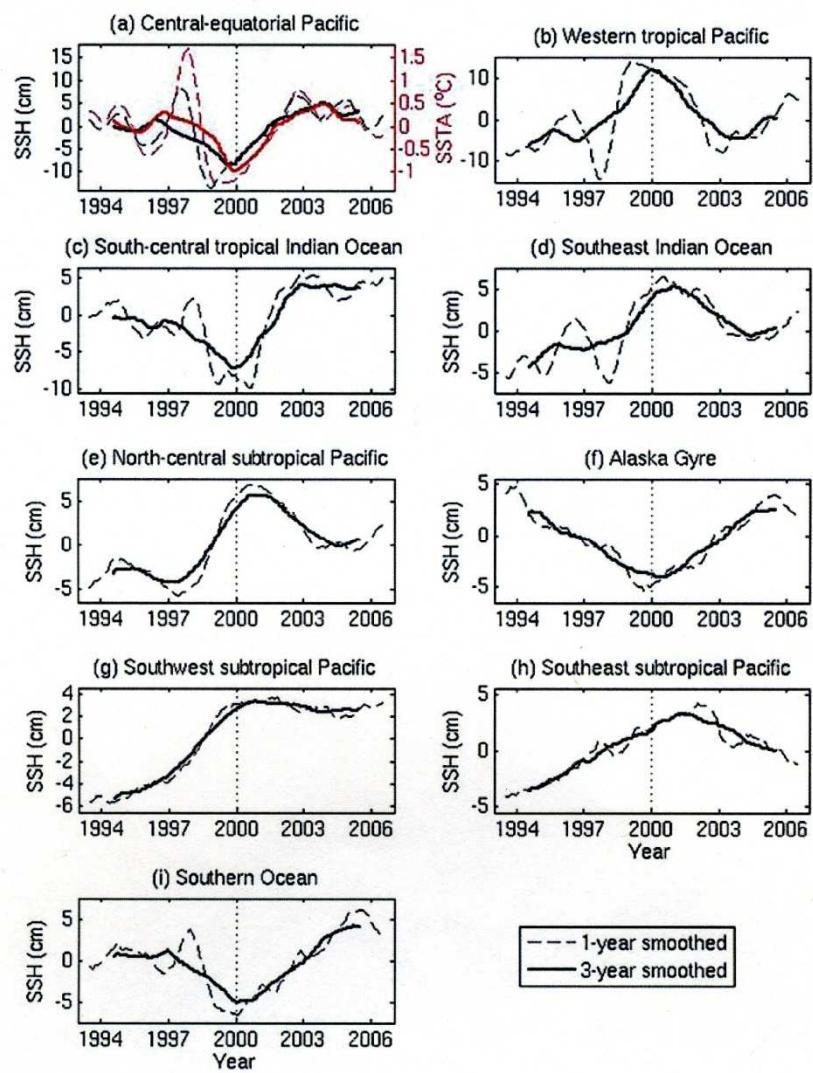
Средняя многолетняя (1975-1999) глубина деятельного слоя (м) Северной Атлантики.



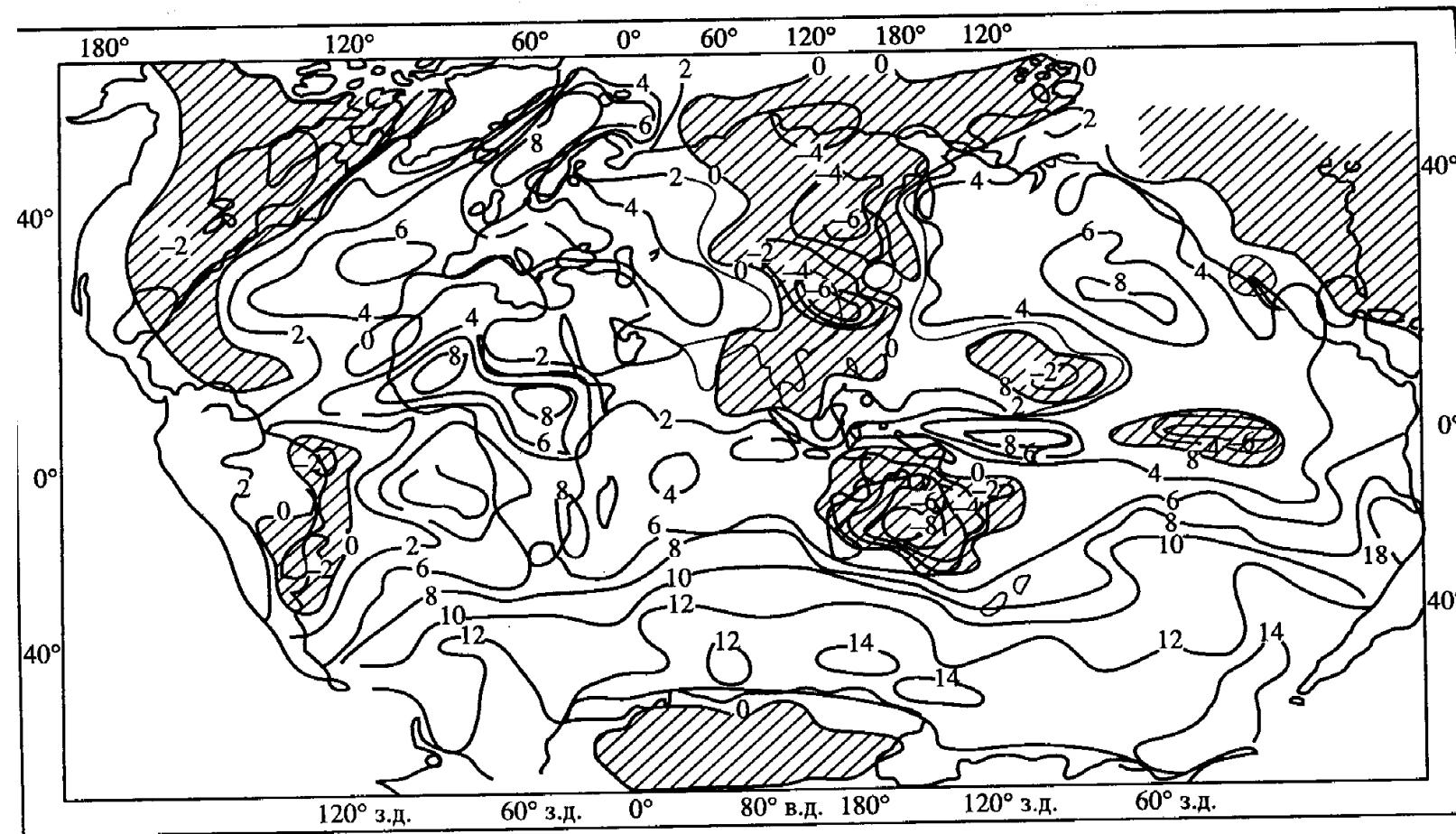
**Средние многолетние вертикальные распределения температуры воды по глубине в районе Исландского минимума атмосферного давления ( $55\text{-}65^{\circ}$  с.ш.,  $40\text{-}30^{\circ}$  з.д.) в периоды трех сценариев современного климата.**



**Тренды уровня океана  
По данным  
TOPEX/POSEIDON  
и JASON-1 в период (а)  
1993-2000 и (с) тренды  
вихря  
напряжения ветра (в) по  
данным ERS для 1993-2000  
и QuikSCAT для 2000-2006.**



Временные  
реализации  
аномалий уровня  
океана (сезонный  
ход исключён) за  
период 1993-2006гг,  
осредненные по  
районам, указанным  
на предыдущем  
рисунке.



**Изменение облачности (%) в период от пятилетия 1971-1975гг.  
к пятилетию 1976-1980гг. Области отрицательных приращений  
заштрихованы.**

### **Некоторые публикации по теме доклада:**

1. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н. Междекадная изменчивость термической структуры вод Северной Атлантики и ее климатическая значимость. Доклады РАН.2011 (в печати).
2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О фазовой изменчивости некоторых характеристик современного климата в регионе Северной Атлантики. Доклады РАН. 2011. Т.438. № 6. С. 817-822.
3. Byshev V.I., Neiman V.G., Romanov Ju.A., Serykh I.V. Some traits of the modern climate change. In book “Sea-Bed Morphology of Russian Arctic Shelf”. 2010. Chapter 2. P .21-36. Nova Publishers Incorporated. New York. USA
4. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О пространственной неоднородности некоторых параметров глобальной изменчивости современного климата. Доклады РАН. 2009. Т. 426. № 4. С. 543-548.
5. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. Природные факторы глобальной изменчивости современного климата. Изв.РАН, серия геогр. 2009. №1. С.7-13.
6. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. О существенных различиях крупномасштабных изменений приповерхностной температуры над океанами и материками. Океанология.2006. Т. 46. № 2. С. 165–177.
7. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. О разнонаправленности изменений глобального климата на материках и океанах. Доклады РАН. 2005. Т. 400. № 1. С. 98–104.
8. Бышев В.И., Кононова Н.К., Нейман В.Г., Романов Ю.А. Количественная оценка параметров климатической изменчивости системы океан-атмосфера .Океанология. 2004. Т 44. № 2.С. 341–353.
- 9.Бышев В.И., Кононова Н.К., Нейман В.Г., Романов Ю.А. Особенности динамики климата северного полушария в XX столетии. Доклады РАН. 2002. Т. 384. № 5. С. 674–681.
- 10.Бышев В.И., Нейман В.Г., Позднякова Т.Г., Романов Ю.А. Новые данные о термодинамическом режиме климатической системы в северном полушарии. Доклады РАН. 2001. Т. 381. № 4. С. 539–544.

*Спасибо  
за внимание*

## **Основные результаты**

**Диагноз изменчивости современного климата, выполненный на основе статистического анализа векового ряда экспериментальных гидрометеорологических данных показал, что соответствующее множество его фазовых состояний распадается на три подмножества, каждое из которых, отличающееся своими особенностями термодинамическими характеристиками, предложено рассматривать в качестве отдельного климатического сценария.**

**Показано, что в этом регионе на протяжении последнего столетия сменилось три последовательных сценария, относящихся к периодам 1905-1935 гг. (относительно теплая фаза), 1940-1970 гг. (холодная фаза) и 1975-2000 гг. (теплая фаза).**

**По данным нашего анализа и по ряду других независимых признаков можно полагать, что в первой декаде нынешнего столетия начался переход состояния северо-атлантической региональной климатической системы к очередному новому сценарию (относительно холодному!), который, судя по всему, будет продолжаться до 2030-2035 гг.**

**Путем численного моделирования эволюции термохалинной структуры вод Северной Атлантики (СА) выявлено, что во второй половине XX столетия в данном регионе имели место междекадные флюктуации теплосодержания верхнего деятельного слоя океана.**

**Этот вывод хорошо коррелируется с изменчивостью сценариев климата в Северном полушарии.**

**Обнаружено, что фаза относительно мягкого, «морского» климата на суше соответствует по времени периоду сокращения запасов океанского тепла, и, напротив, фазе более «континентального» климата сопутствует увеличение теплосодержания верхнего слоя океана.**

# Выводы

- 1) Таким образом, анализ изменения некоторых ключевых климатических параметров региона Северной Атлантики показал, что в рамках примененного в работе пространственно-временного осреднения вековых полей гидрометеорологических характеристик множество полученных оценок термодинамического состояния системы распадается на три кластера, которые могут рассматриваться в качестве отдельных характеристик климатических сценариев.

Продолжительность каждого из них составила около 20–35 лет, а переход от одного сценария к другому осуществлялся в течение 2–3 лет, т.е. сравнительно быстро.

2) Результаты выполненного анализа свидетельствуют о том, что наиболее вероятное перемежающееся усиление и ослабление циркуляций Гадлея и Ферреля в данном регионе происходило синфазно.

В начале XX столетия (1905–1935 гг.) и в его последней четверти (1980–2000 гг.) имела место значительная интенсификация этих звеньев общей меридиональной циркуляции. Их ослабление в середине прошлого столетия (1940–1960 гг.) обозначилось и в начале нынешнего века.

3) Фазы усиления и ослабления меридиональной компоненты атмосферной циркуляции в Северной Атлантике хорошо коррелируют с междекадными вариациями термической структуры деятельного слоя океана.

4) На рубеже XXI века наряду с сохранением общего положительного тренда средней глобальной приповерхностной температуры наметилась тенденция перехода термодинамического состояния региональной климатической системы Северной Атлантики к новой фазе, по ряду признаков подобной сценарию 1940–1960x годов, который характеризовался усилением фактора континентальности климата на материках.

Можно полагать, что во временном диапазоне  
 $\tau$  существует множество фазовых состояний климатической системы

$$\Omega \left\{ \hat{\zeta}_i(\varphi, \lambda, z, t) \right\} ,$$

где  $\left\{ \hat{\zeta}_1(\varphi, \lambda, z, t), \hat{\zeta}_2(\varphi, \lambda, z, t), \dots, \hat{\zeta}_n(\varphi, \lambda, z, t) \right\}$  - климатические параметры, например,

атмосферное давление, температура, влажность и др. Здесь:  $\varphi$  - широта,

$\lambda$  - долгота,  $z$  - вертикальная координата,  $t$  - время, знаки  $(\sim)$  и  $(\wedge)$

указывают, соответственно, на временное и пространственное осреднение,

которое используется для выделения климатического сигнала.

За климатический сценарий в эпизоде  $\tau_j \in \tau$ ,  $\tau_j >> \tau_c$   
 $(\tau_c$  - продолжительность существования крупномасштабного синоптического  
 процесса, например, атмосферного циклона) будем принимать подмножество  
 фазовых состояний климатической системы

$$\Omega_j \left\{ \hat{\zeta}_{ij}(\varphi, \lambda, z, t) \right\} \in \Omega \left\{ \hat{\zeta}_i(\varphi, \lambda, z, t) \right\},$$

которые не отличаются друг от друга более чем на малые положительные  
 величины

$$\left\{ \varepsilon_{ij} \right\}, \text{ т.е. удовлетворяют критерию} \quad \left| \hat{\zeta}_{ij}(\varphi, \lambda, z, t) - \bar{\zeta}(\varphi, \lambda, z, t) \right| \leq \frac{\varepsilon_{ij}}{2}, \quad (1)$$

$-\frac{\tau_j}{2} \leq t \leq \frac{\tau_j}{2}$ , где  $\bar{\zeta}_{ij}(\varphi, \lambda, z, t)$  – среднее по подмножеству  $\Omega_j$  состояния.

В таком случае разным климатическим сценариям должны соответствовать  
 непересекающиеся подмножества фазовых состояний, для которых условие (1)  
 нарушается.

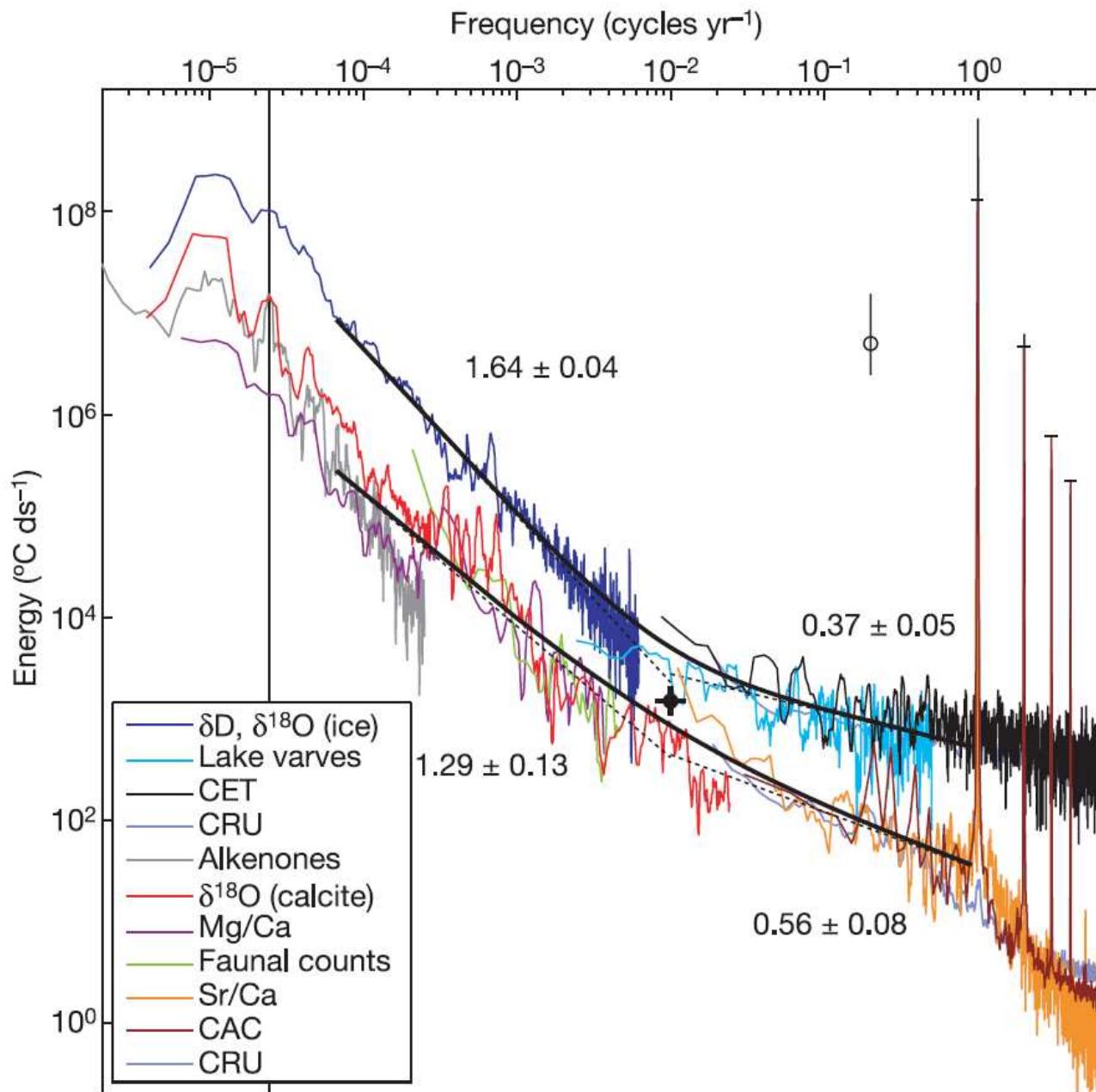
С целью выделения текущего состояния климатического параметра было выполнено временное и пространственное осреднение анализируемых полей согласно следующей процедуре:

$$\hat{\zeta}_i^k(\phi_j, \lambda_j, z_0, t) = \frac{1}{\tau_0 \cdot \Delta\varphi \cdot \Delta\lambda} \int_{-\tau_0/2}^{+\tau_0/2} \int_{-\Delta\varphi/2}^{+\Delta\varphi/2} \int_{-\Delta\lambda/2}^{+\Delta\lambda/2} \zeta_i^k(\phi_j + r_1, \lambda_j + r_2, z_0, t + \tau) dr_1 dr_2 d\tau \quad (2),$$

где  $\phi_j$ ,  $\lambda_j$  – широта и долгота ( $k$ -го) центра действия атмосферы,  
 $z$  – вертикальная координата,  
 $t$  – время,  $\tau_0$  – масштаб временного скользящего осреднения,

$\zeta_i$  – некоторый климатический параметр, например, температура ( $i=1$ ), атмосферное давление ( $i=2$ ) и др.

Для выделения климатического сигнала (2) применено пространственное ( $\Delta\varphi = 20^\circ$ ,  $\Delta\lambda = 20^\circ$ ) и временное ( $\tau_0 = 11$  лет) осреднение.



Обобщенные  
спектры  
возмущений  
приповерхностной  
температуры в  
диапазоне  
масштабов от  
месяцев до  
десятков тысяч  
лет  
[Peter Huybers &  
William Curry,  
Nature, 2006]