

# О КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ОСНОВАХ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

*Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н.  
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

**Двадцатая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**

**Институт космических исследований РАН**

**МОСКВА, 16 ноября 2022 г.**



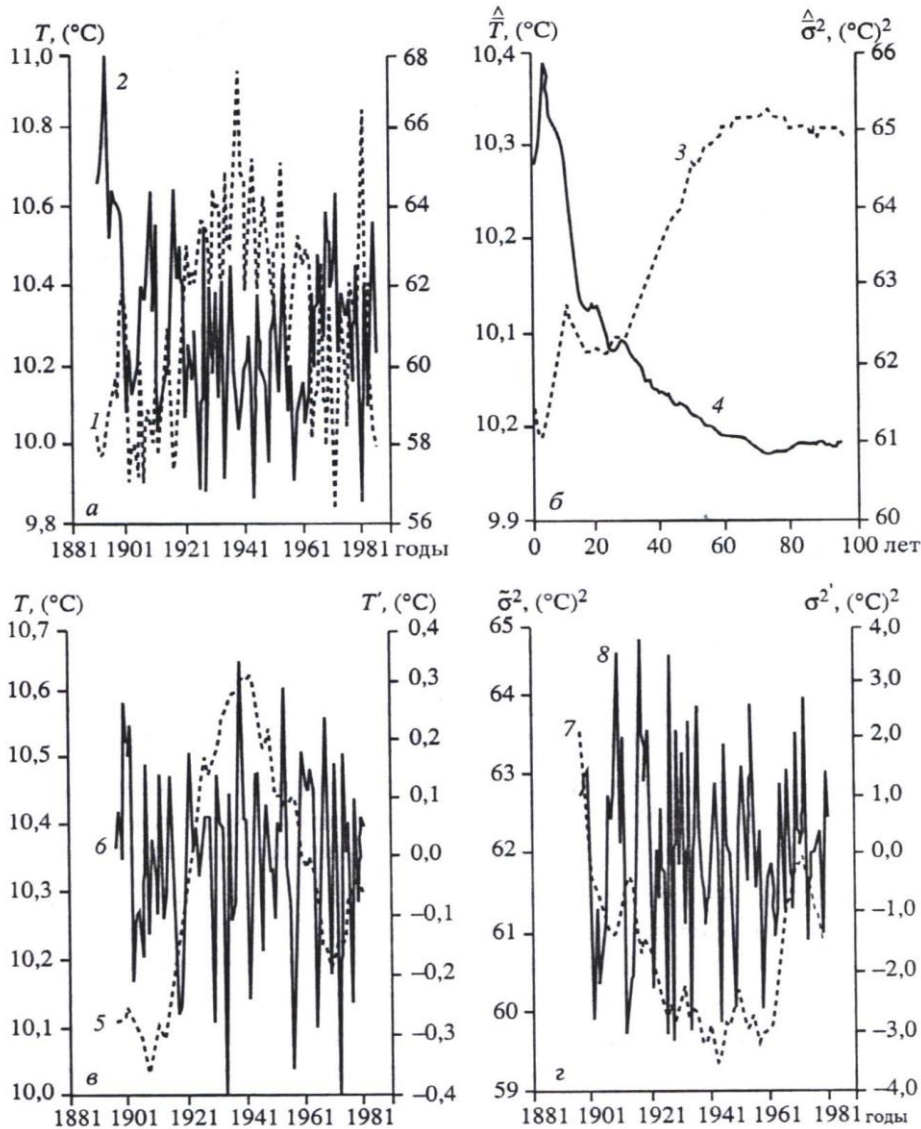
# Структура доклада

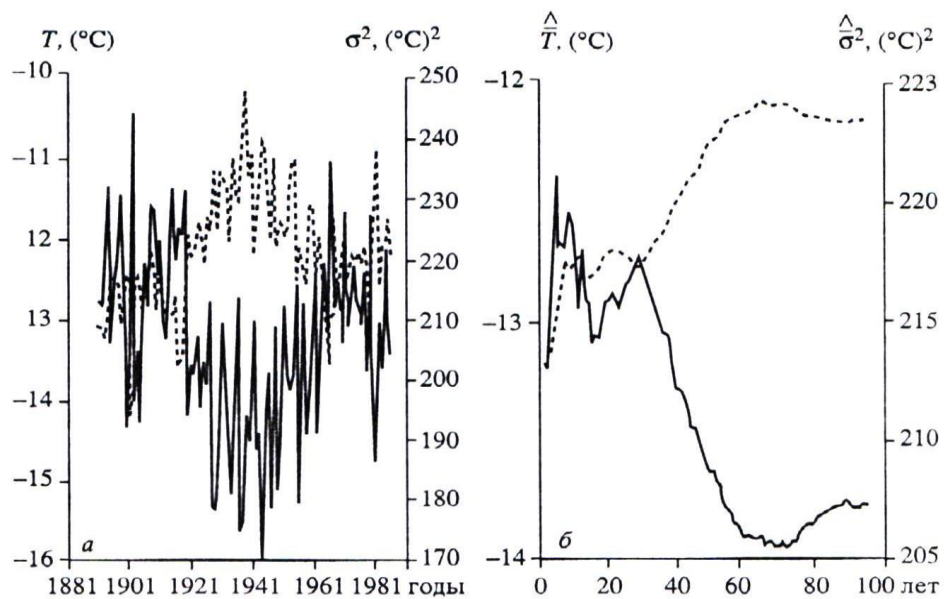
- \* 1. Современный климат и его особенности
- \* 2. Цель исследований
- \* 3. Наблюдаемая ритмика глобального климата и последовательность событий
- \* 4. Процессы и механизмы, сопровождающие и реализующие наблюдаемые изменения современного климата: внезапные фазовые переходы, стремительность перестройки в климатической системе
- \* 5. Выводы
- \* 6. Публикации по теме

Последовательность устойчивого чередования относительно влажных и существенно континентальных мультидекадных (25-35 лет) фаз климата при кажущейся внезапности и стремительности (за 2-3 года) их смены поставили перед климатологами ряд важных вопросов, ответы на которые, несомненно, имеют и научное, и практическое значение. Среди вопросов, характеризующих научный интерес, стояли следующие: «Что из себя представляет сам наблюдаемый климатический процесс? Что является его источником? Какова устойчивость этого процесса? Какие механизмы, процессы, события и явления стоят за стремительностью и кажущейся внезапностью смены фаз климата, обеспечивают глобальность изменений и их квазисинхронность?» Среди вопросов, представляющих практическое значение, прежде всего возникает вопрос о возможности прогноза очередной смены мультидекадной фазы климата, т. к. неожиданное и стремительное изменение климата потребует адаптации на быстро меняющиеся условия окружающей среды.

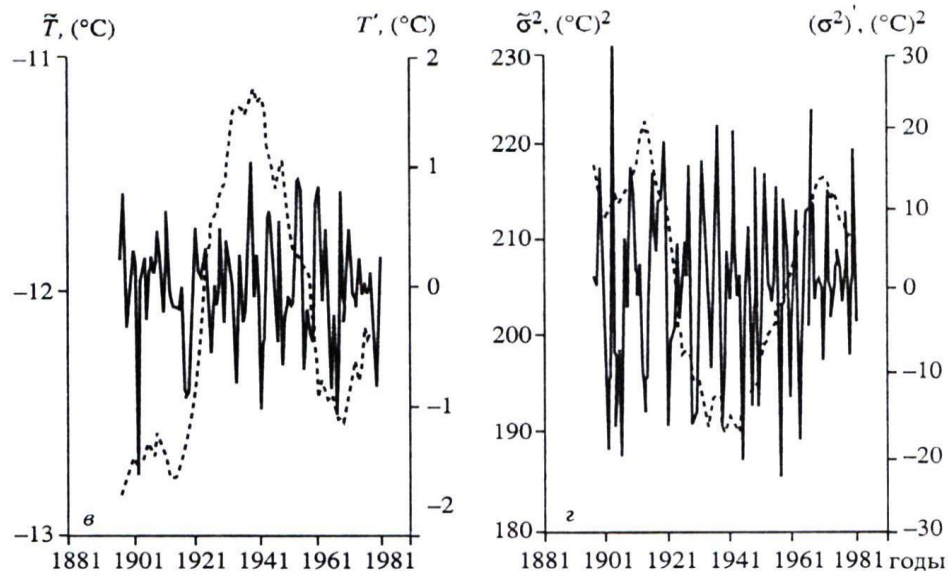
Результаты распределения короткопериодных (~2-8 лет) и долгопериодных (более 10 лет) колебаний ПТВ и дисперсии внутрисезонных возмущений ПТВ для области 25°-85° с.ш.

а среднегодичные значения ПТВ (1) и дисперсия внутрисезонных возмущений ПТВ (2); б – зависимость «нормы» от масштаба осреднения для ПТВ (3) и её дисперсии (4); в долгопериодная составляющая изменения ПТВ (5) и её короткопериодная компонента (6); г – долгопериодная составляющая изменения дисперсии ПТВ (7) и её короткопериодная компонента (8)



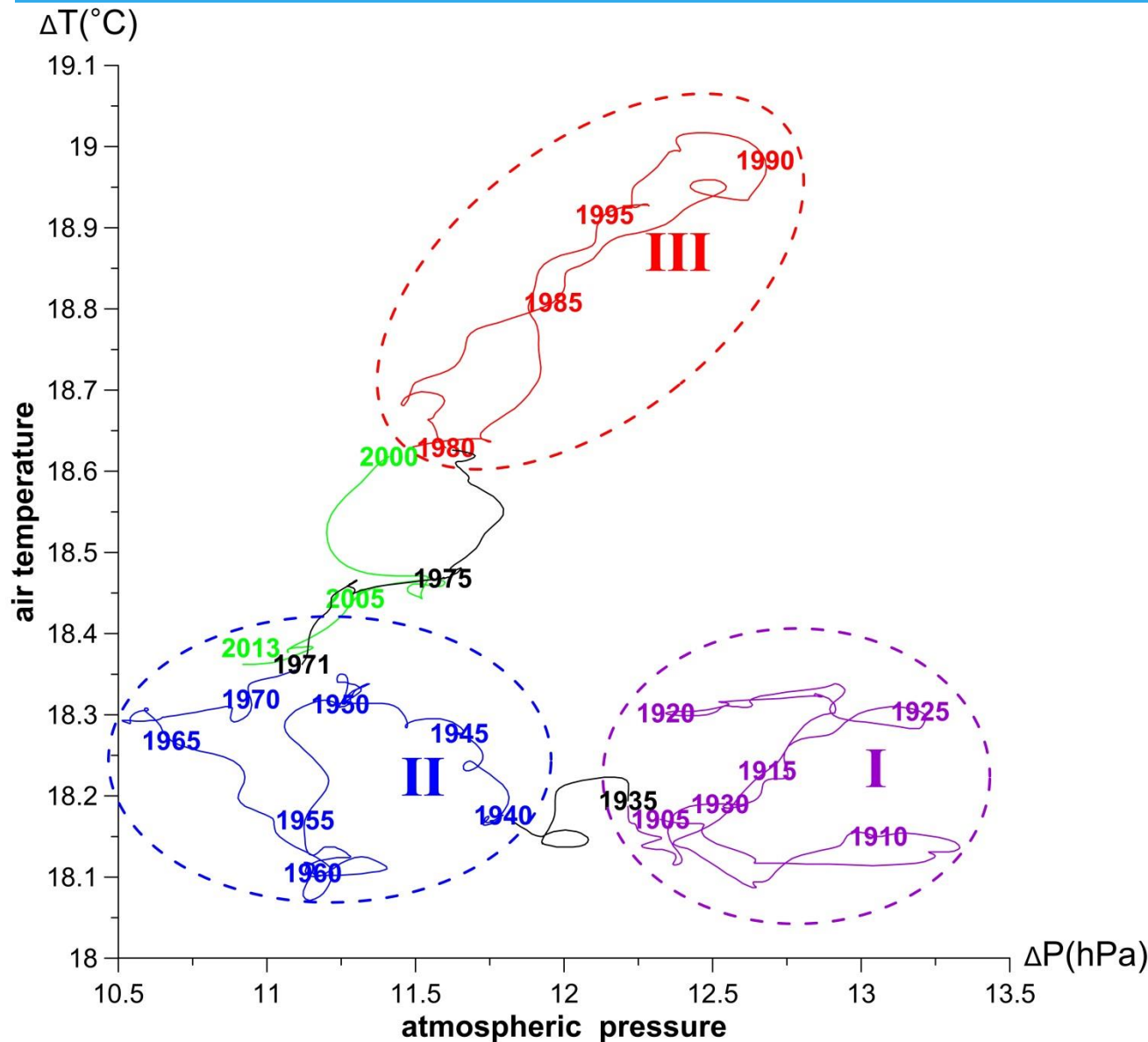


Результаты распределения короткопериодных (~2-8 лет) и долгопериодных (более 10 лет) колебаний ПТВ и дисперсии внутрисезонных возмущений ПТВ для области 65°-85° с.ш.



Обозначения те же, что и на рис. для области 25°-85° с.ш.

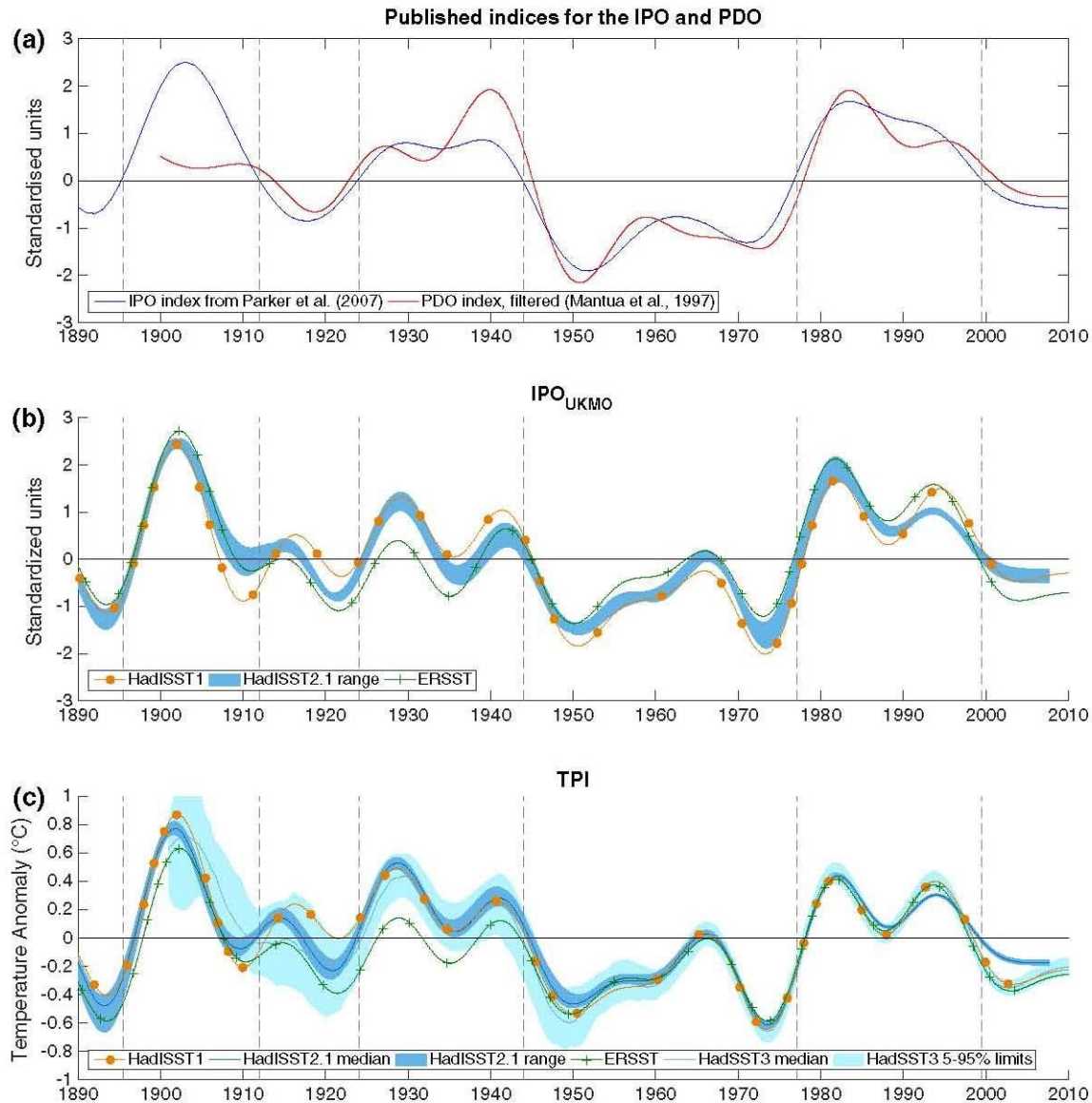
# Фазовая структура современного климата в Северной Атлантике



Фазовая траектория термобарического параметра Северо-Атлантического колебания в 20-ом - начале 21-го столетий. На представленной диаграмме наглядно отражены планетарные климатические сдвиги, произошедшие в 1935-1940 гг, в середине 70-х годов и на рубеже 20-21-го столетий.

# Климатические изменения в Северной Пацифике

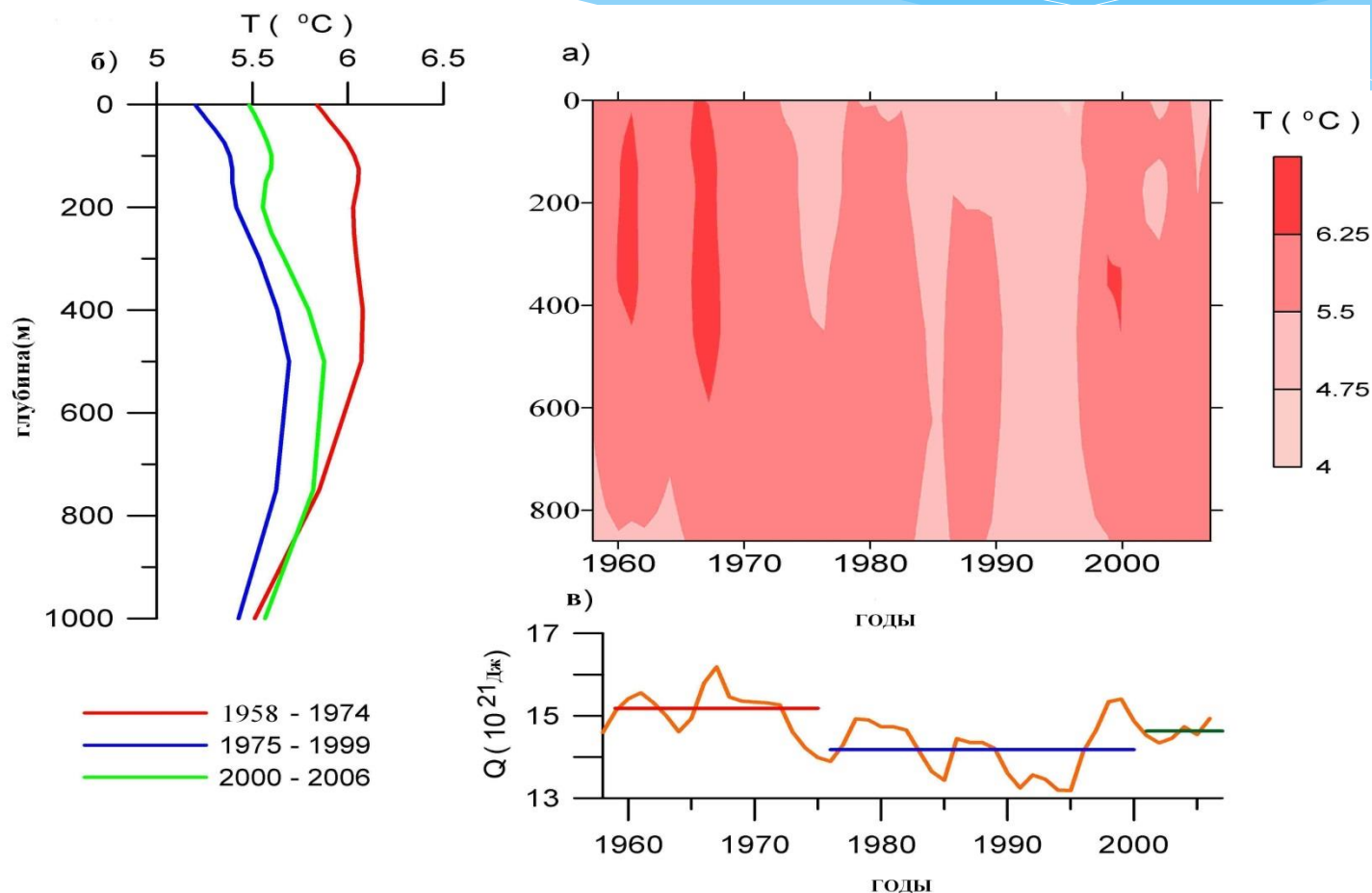
Henley, B.J., Gergis, J., Karoly, D.J. et al. A Tripole Index for the Interdecadal Pacific Oscillation. *Clim Dyn* 45, 3077–3090 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2525-1>



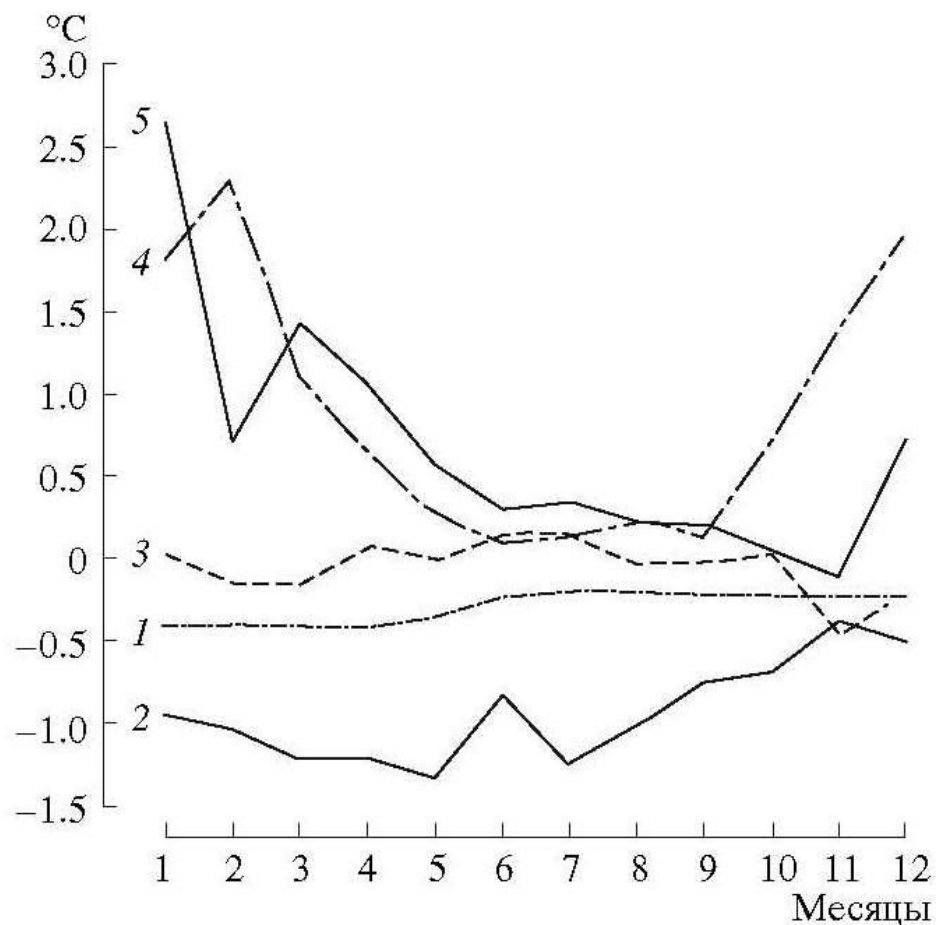
Временной ряд индекс IPO/PDO с фильтрацией нижних частот. (a) Ранее опубликованные индексы IPO и PDO (b) IPOUKMO (HadISST1, 10 реализаций HadISST2.1 и ERSSTv3b) и (c) TPI для трех наборов данных. Вертикальные пунктирные линии указывают приблизительное время фазовых сдвигов IPO, основанное на индексе IPO Parker et al. (2007).

# Эволюция термической структуры ВДС в Северной Атлантике (55°-65° с.ш., 40°-30° з.д.) в холодную половину года в период 1958-2006 гг. (Byshch et al., 2017):

- (а) изоплеты температуры в центре тестового района,
- (б) вертикальное распределение средней для района температуры по трем фазам климата,
- (в) изменение теплосодержания верхнего 800-метрового слоя (горизонтальные линии соответствуют значениям средней величины теплосодержания ВДС в пределах трех фаз климата)

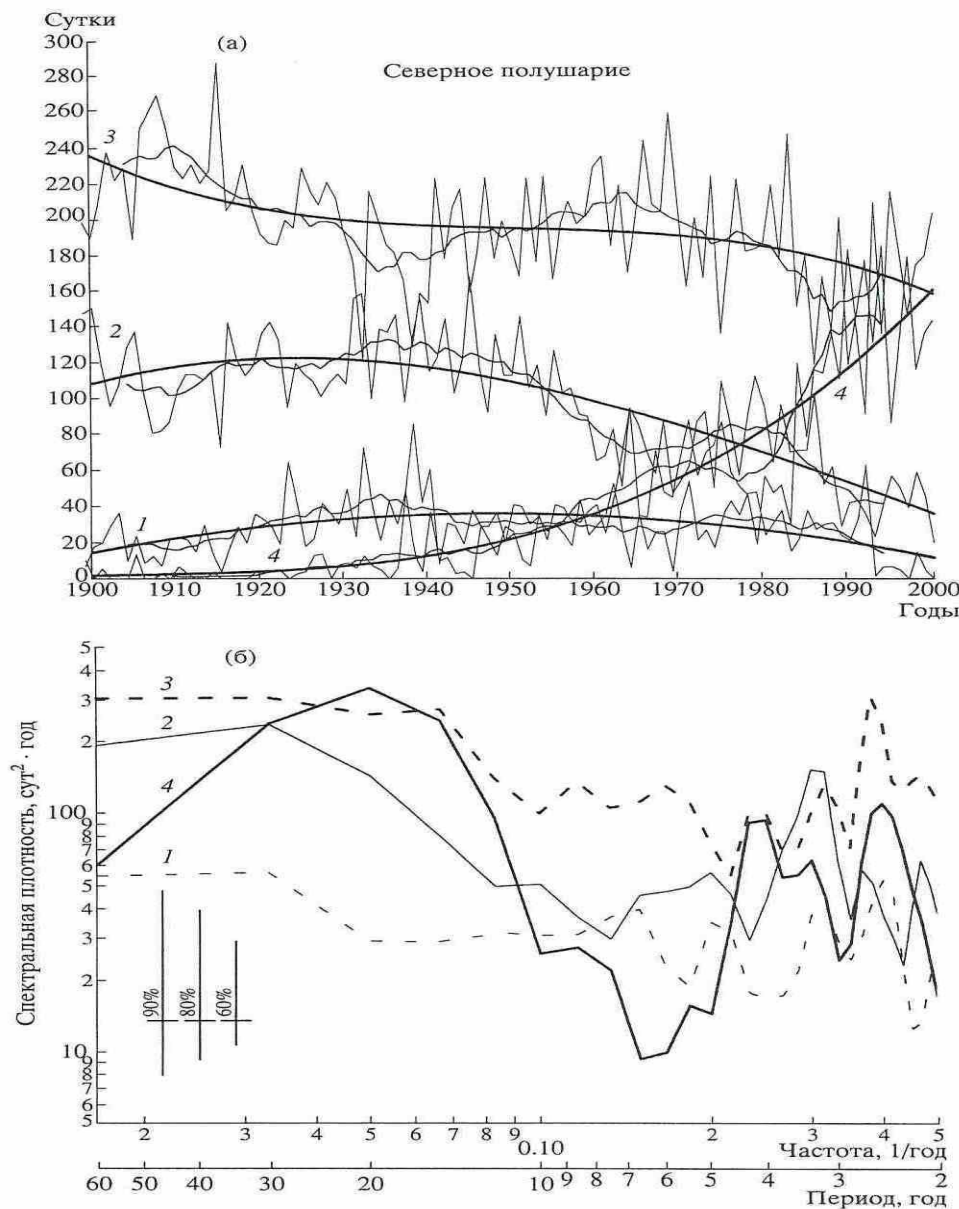






Помесячные разности средней приповерхностной температуры между периодами 1975-1999 и 1950-1974 гг. в отдельных районах северного полушария. 1- Атлантика (50°-60° с.ш., 50°-10° з.д.); Тихий океан (30°-45° с.ш., 160° в.д.-160° з.д.); 3- Средиземноморье (30°-45° с.ш., 20°-40° в.д.); 4 – Евразийский континент (45°-60° с.ш., 70°-100° в.д.); 5 – Северная Америка (55°-65° с.ш.; 160°-120° з.д.).

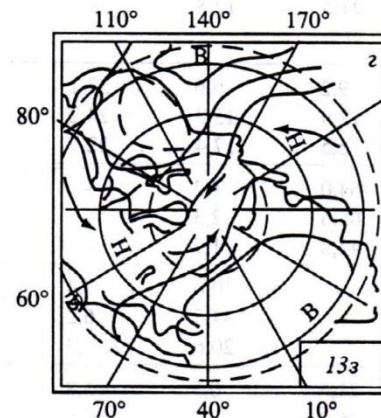
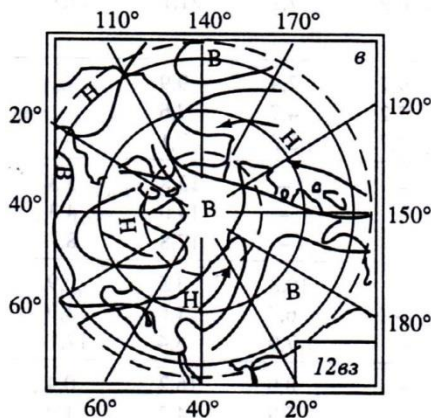
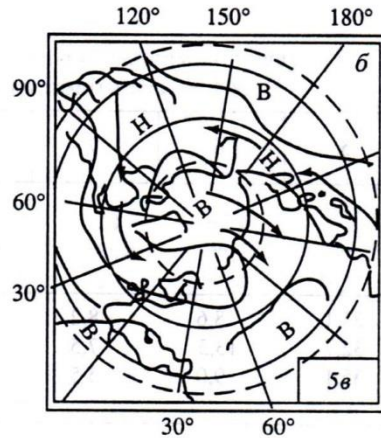
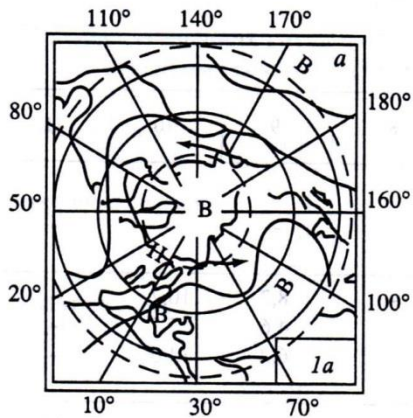
# О трёх режимах возмущения планетарного климата: 2-8 лет, 25-35 лет, 100 лет



Вверху (а) - временные реализации годовых сумм (в сутках) 4 групп атмосферной циркуляции в Северном полушарии (тонкие линии):

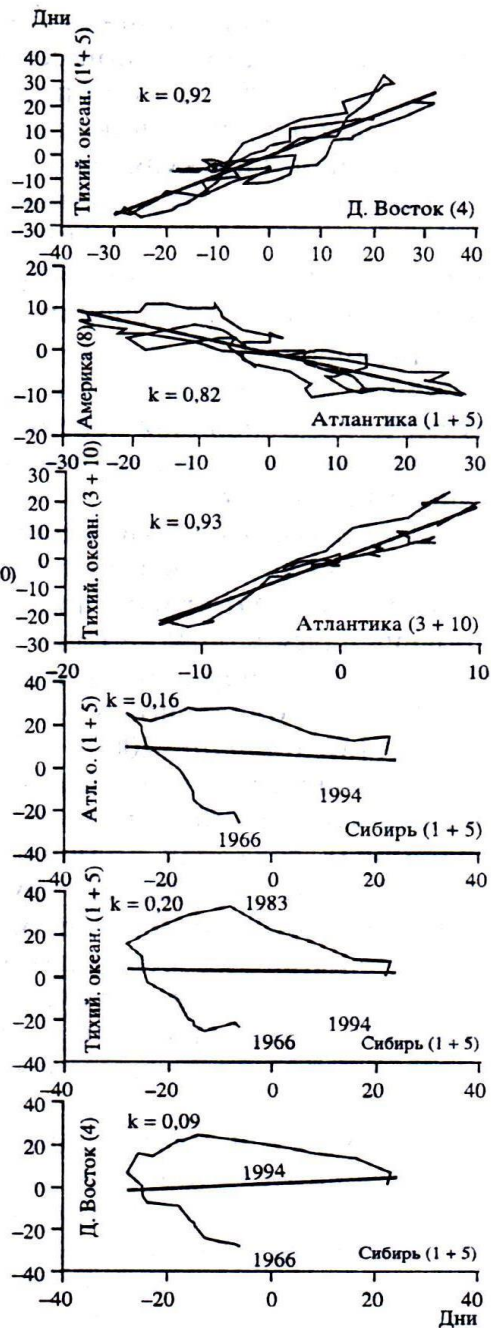
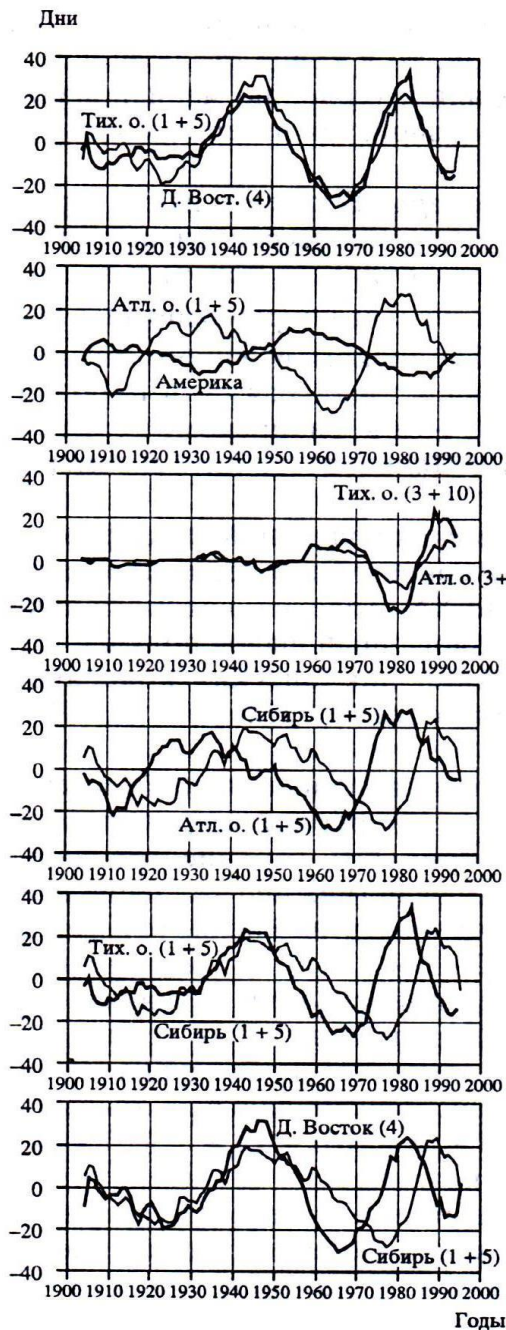
1 - зональная,  
2 - нарушение зональности,  
3 - меридиональная северная,  
4 - меридиональная южная; жирные линии - вековые тренды, выделенные с помощью полиномов 3-й степени; полужирные линии - 11-летние скользящие средние.

Внизу (б) - спектры колебаний для каждой группы циркуляции; в левом нижнем углу указаны доверительные интервалы 90, 80 и 60%.

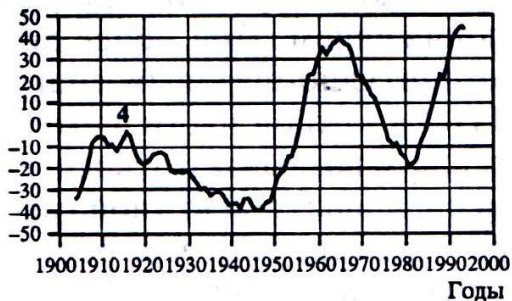
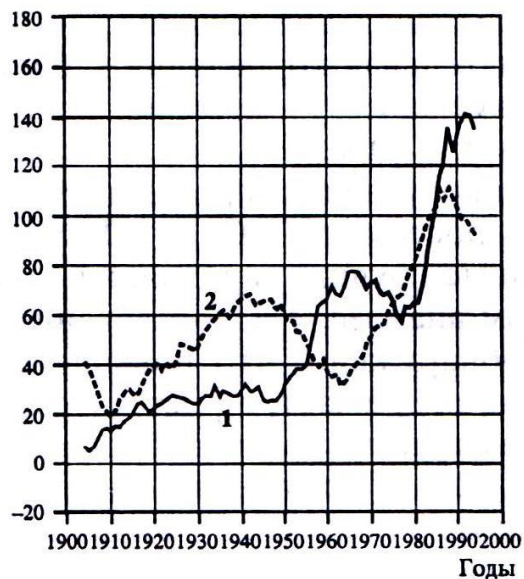
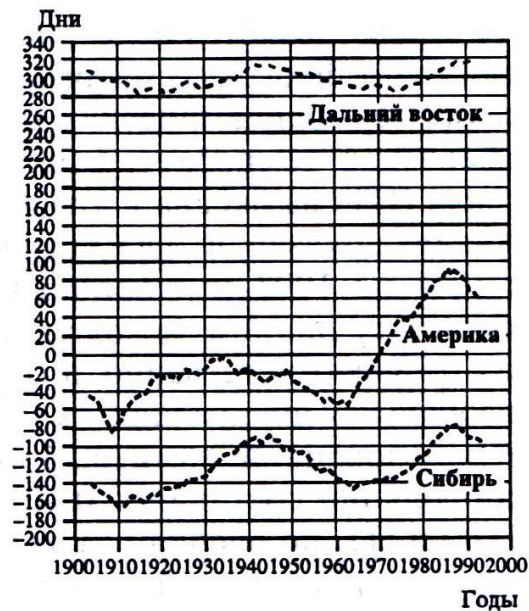
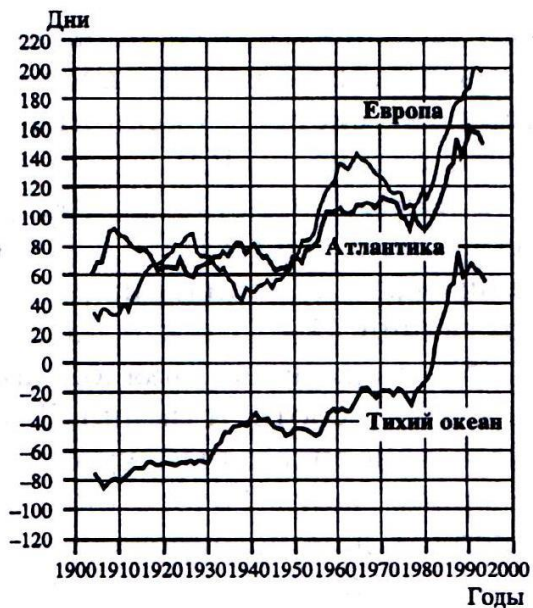


Некоторые характерные типы атмосферной циркуляции (по Б.Л. Дзедзеевскому (1968)): а) зональный перенос (тип 1а), б) одно арктическое вторжение (тип 5а), в) несколько (до 4) арктических вторжений одновременно (тип 12вз), г) меридиональный южный тип циркуляции (тип 13з)

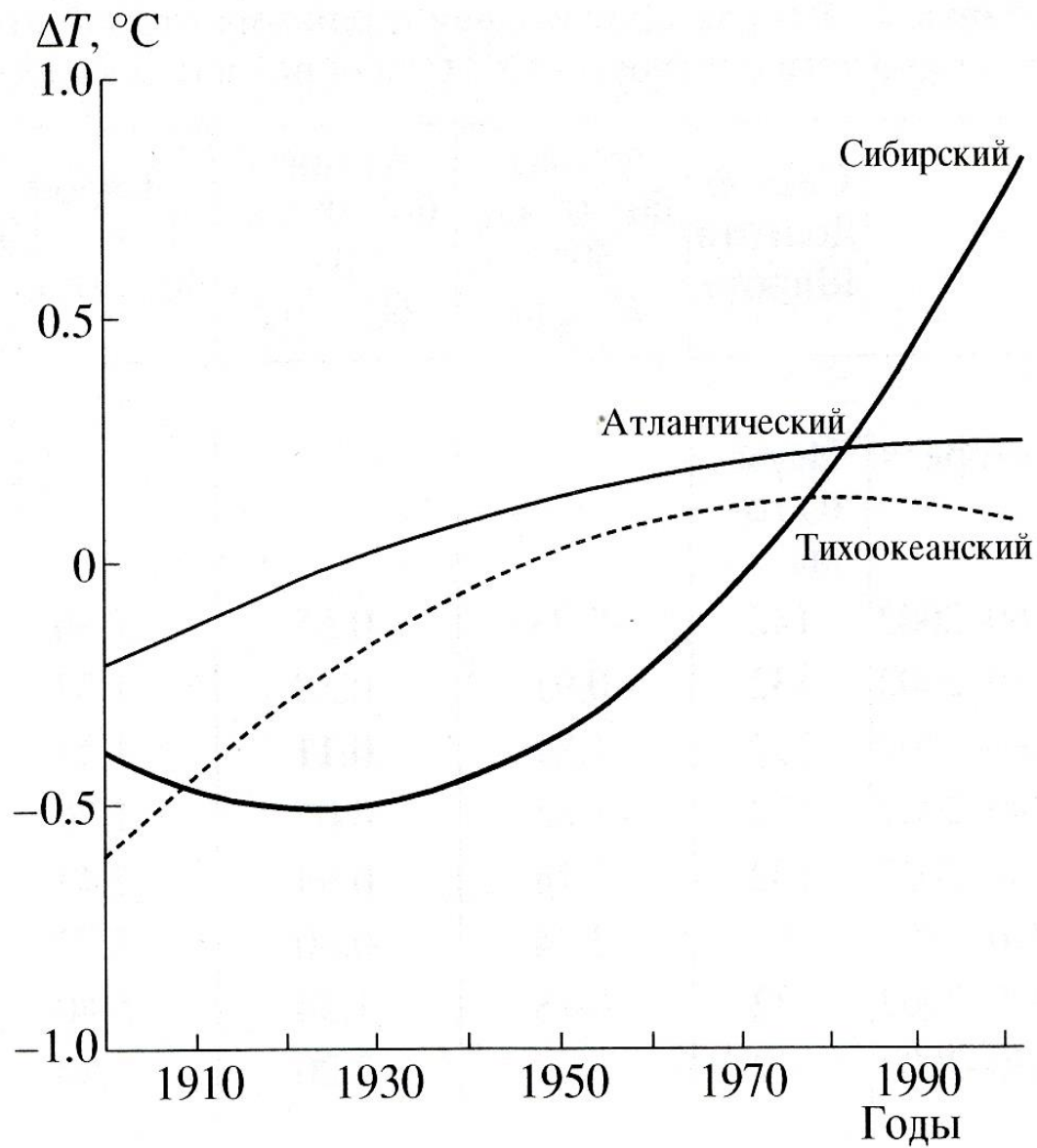
*Дзедзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии: Материалы метеорологических исследований. М. 1968. 240.*



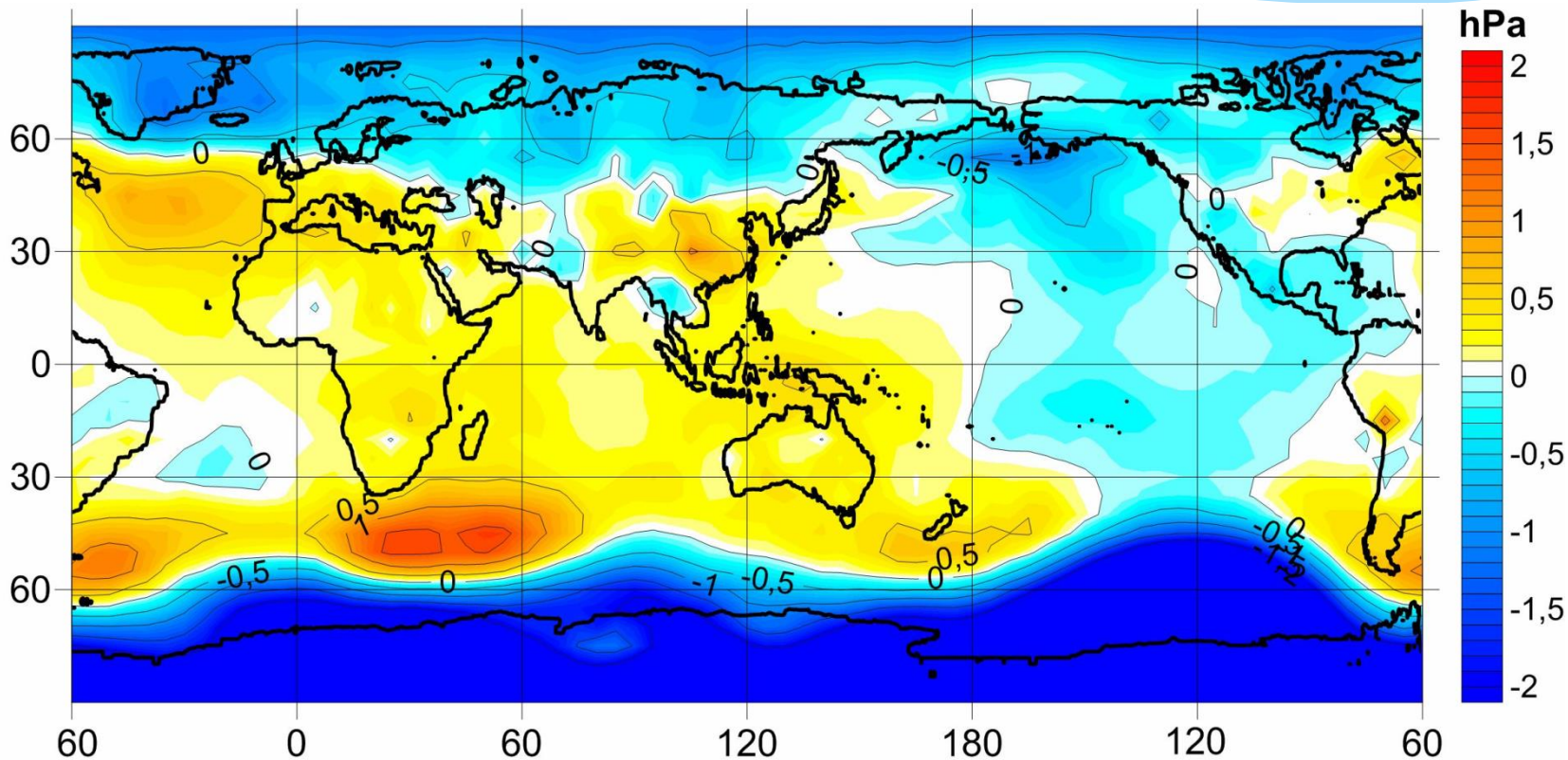
Циклические составляющие отдельных пар групп циркуляции (слева) и их амплитудно-фазовые диаграммы (справа);  $k$ -коэффициент корреляции для этих пар



Изменение балансов меридиональных южных и северных групп циркуляции для отдельных секторов, групп секторов: 1-океаны, кривая (2) – материки; амплитудно-фазовые диаграммы их циклических колебаний (3) и разность кривых 1 и 2 (4)

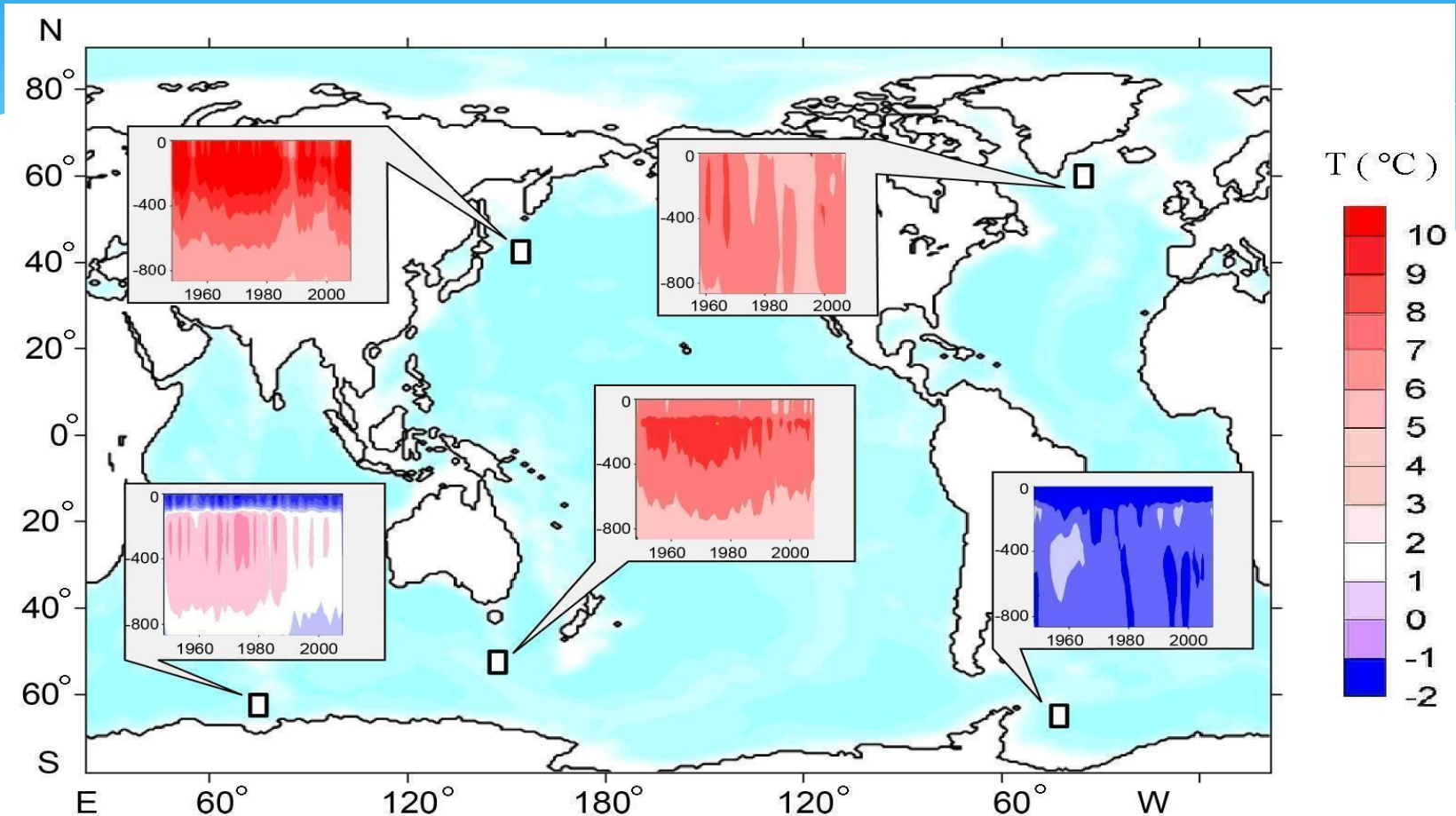


Нелинейные вековые тренды аномалий приземной температуры в атлантическом, сибирском и тихоокеанском секторах, разности между которыми характеризуют знаки и величины зональных градиентов в Северном полушарии.



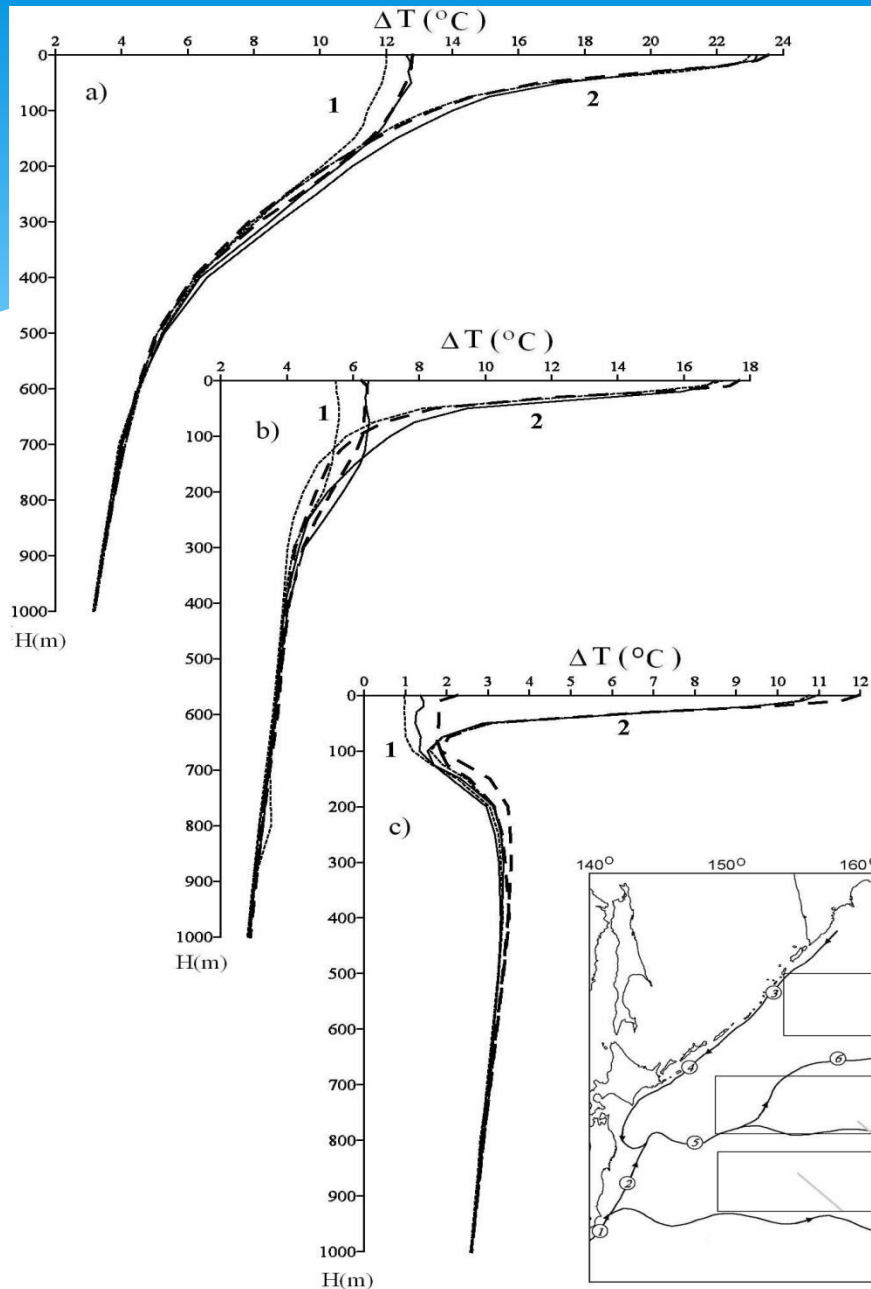
Аномалии глобального поля атмосферного давления на уровне моря на междекадном масштабе [Бышев и др., 2009] между периодами (III) 1980-1999 гг. и (II) 1940-1970 гг.

# Мультидекадная осцилляция теплосодержания океана (МОСТОК)



Эволюция термической структуры ВДС в пяти информативных районах Мирового океана в период с 1958 по 2006 гг.



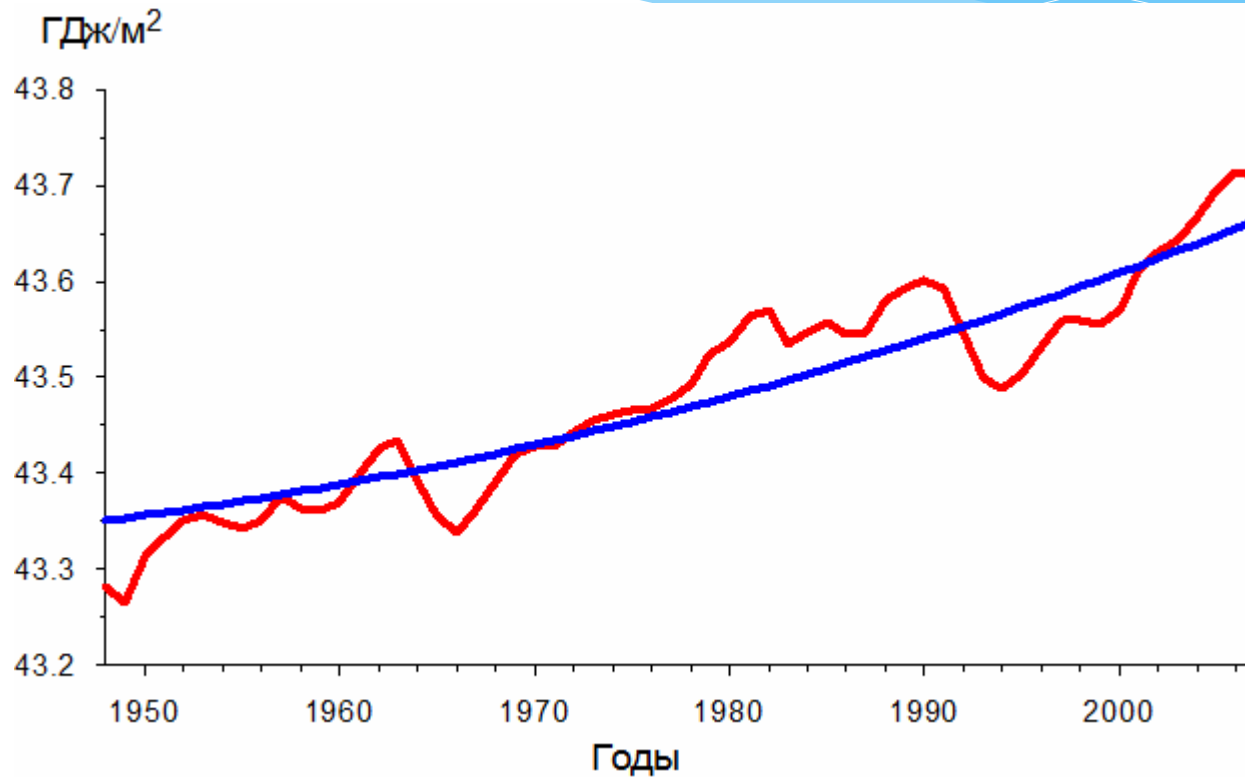


## Валидация численной модели диагностическими расчётами

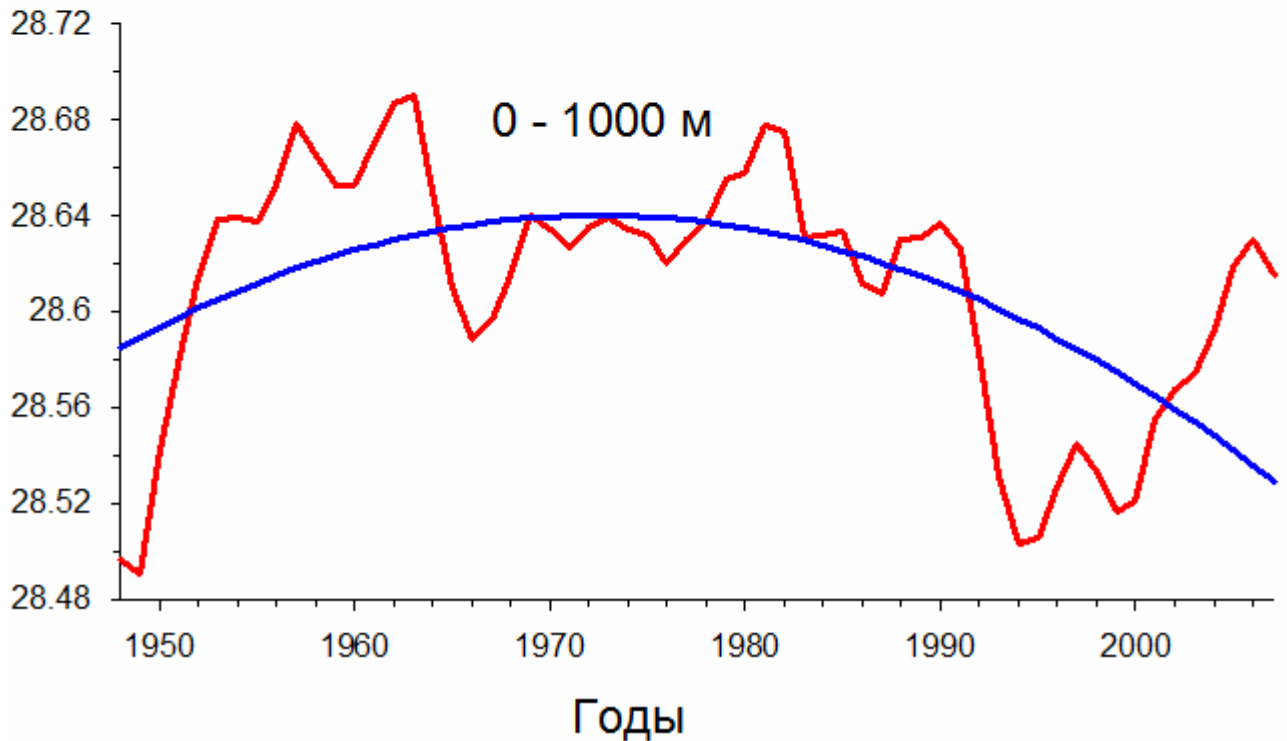
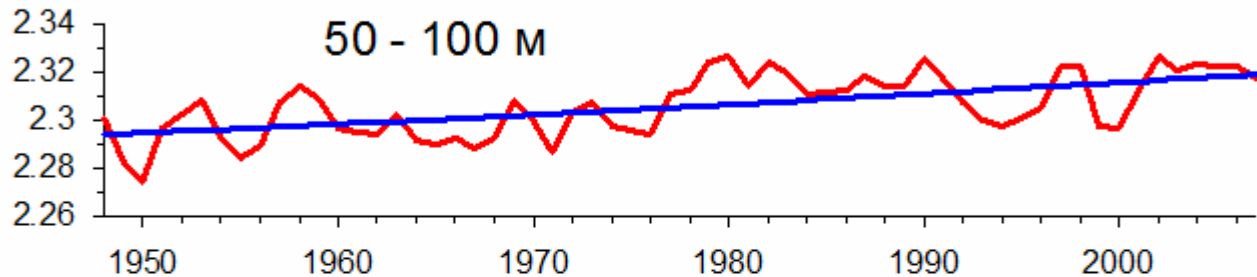
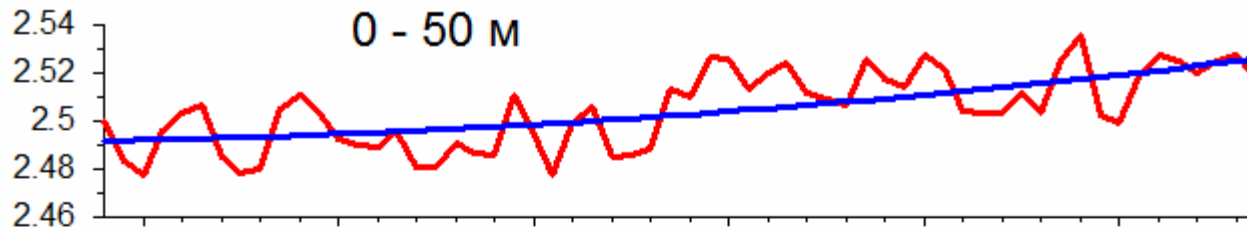
Средние вертикальные распределения температуры верхнего 1000-метрового слоя воды в СЗТО в холодный (1) и тёплый (2) сезоны для трёх структурных зон: (а) субтропической, (б) смешения, (с) субарктической. Осреднения профилей температуры произведены для трёх фаз климата: 1960-1974 (непрерывная кривая), 1975-1999 (штрих-пунктирная кривая), 2000-2014 (точечная линия).

На врезке показана схема главных течений линии со стрелками:  
 1-Курисио;  
 2-северная ветвь Курисио;  
 3-Курильское течение;  
 4-Ойясио;  
 5-Субарктическое течение;  
 6-Северная ветвь Субарктического течения.

# Изменчивость теплосодержания МО и её квадратичный тренд в период (1948–2007 гг.) в слое (0–5500 м)



ГДж/м<sup>2</sup>

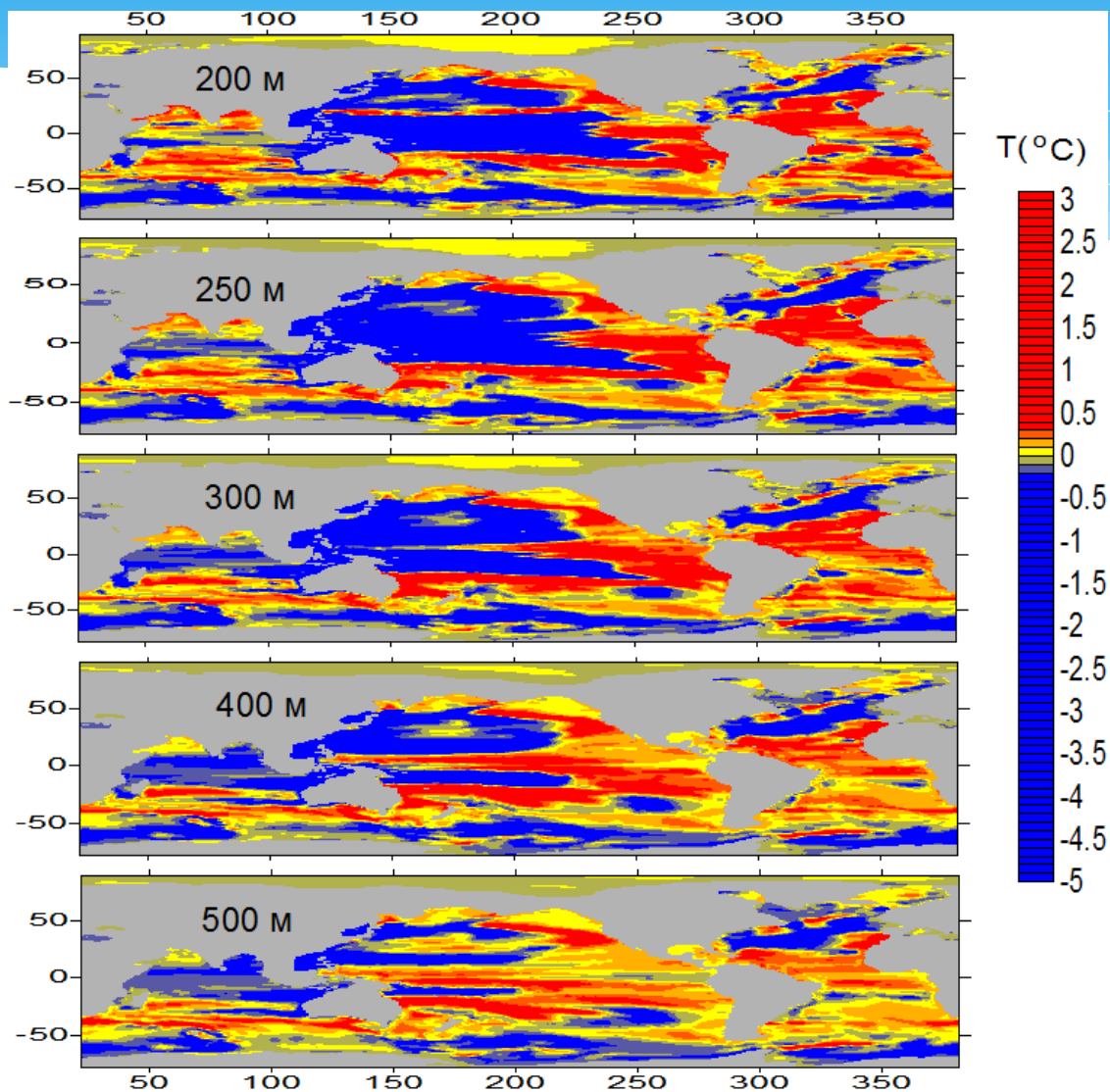


Изменчивость  
теплосодержания  
Мирового океана  
и её квадратичный  
тренд за период  
1948-2007гг.:

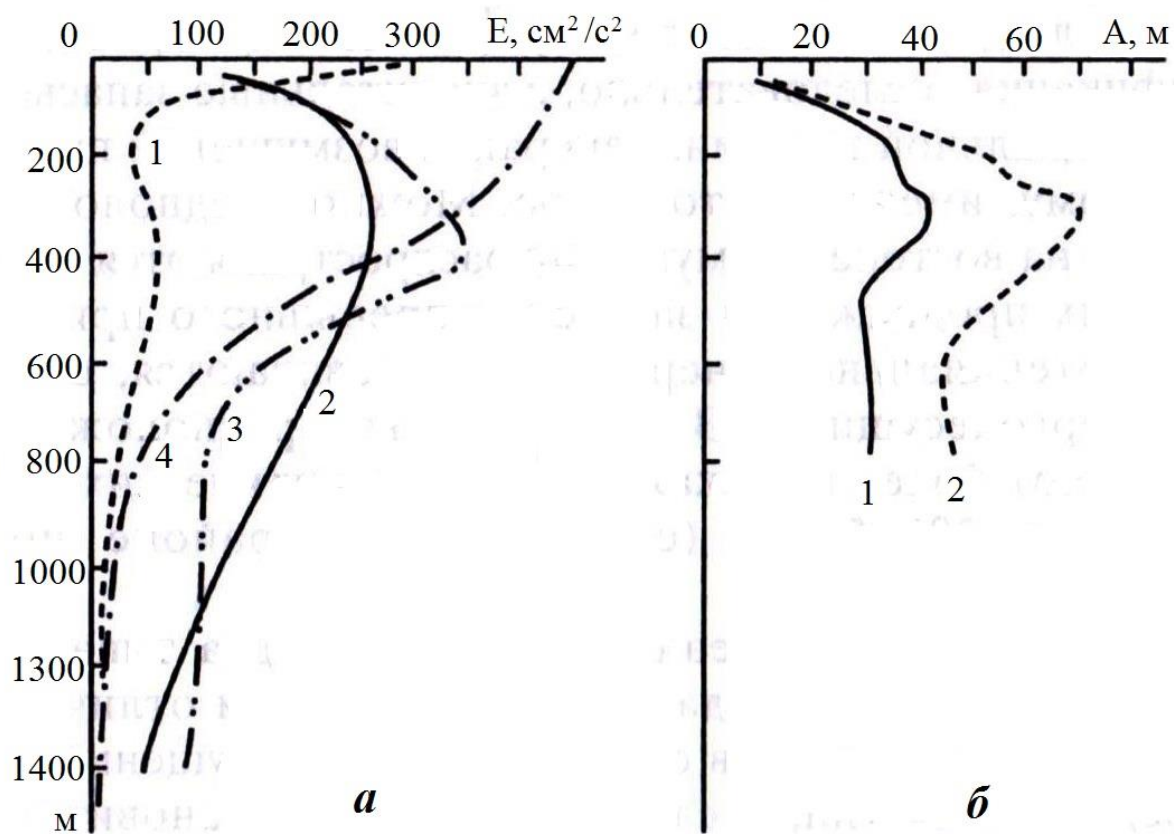
✓ в верхнем  
квазиоднородн  
ом слое (0-50 м,  
50-100 м),

✓ в ВДС (0-1000  
м)

# Поля возмущений температуры Мирового океана от фазы 1948–1974 гг. к фазе 1975–1999 гг. в слое 200-500 м



Распределение с глубиной кинетической энергии синоптических возмущений (а) и амплитуды вертикальных колебаний изотермических поверхностей (б) по данным гидрофизических экспериментов :  
а) 1 – ПОЛИГОН-70; 2 – ПОЛИМОДЕ (VII – IX.1977 г.); 3 – ПОЛИМОДЕ (VII.1977 г. – IX.1978 г.); 4 – типичный ринг; б) 1 – ПОЛИГОН-70; 2 – ПОЛИМОДЕ (VII.1977 г. – IX.1978г.)



# Выводы

- В динамике современного климата были выявлены климатические сдвиги (внезапные и стремительные изменения), что потребовало понять и установить причину и источники наблюдаемых явлений.
- Использование численного моделирования и данных наблюдений позволило достигнуть понимания того, что климатические сдвиги - это внутрисистемные процессы, наиболее значимым из которых является крупномасштабное перераспределение тепла между океаном и континентом при активной роли атмосферной циркуляции.
- Облачность в атмосфере, регулирующая интенсивность потока коротковолновой солнечной радиации к поверхности Земли, и глубокая конвекция в Мировом океане, влияющая на потоки явного и скрытого тепла из океана в атмосферу, создают эффект климатического сдвига.
- Квазисинхронность и глобальность климатических изменений окружающей среды обеспечивают планетарные структуры, открытые в атмосфере (ГАО) и в океане (МОСТОК).

## Публикации

- *Byshev V.I., Gusev A.V., Neiman V.G., Sidorova A.N.* Interdecadal Oscillation of the Ocean Heat Content as a Contribution to Understanding of Physical Aspects of the Present-Day Climate // *J. Mar. Sci. Eng.* 2022. 10(8). 1064; <https://doi.org/10.3390/jmse10081064>.
- *Бышев В.И., Анисимов М.В., Гусев А.В., Грузинов В.М., Сидорова А.Н.* О мультидекадной осцилляции теплосодержания Мирового океана // *Океанологические исследования.* 2020. Т. 48. № 3, С. 76-95. doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(3).5.
- *Романов Ю.А., Нейман В.Г., Бышев В.И., Серых И.В., Сонечкин Д.М., Гусев А.В., Кононова Н.К., Пономарев В.И., Сидорова А.Н., Фигуркин А. Л., Анисимов М.В.* Общая оценка статистической значимости и климатической роли глобальных атмосферных и океанических осцилляций // *Океанологические исследования.* 2019. Т. 47. № 2. С. 76–99. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(2).6.
- *Byshev V.I., Neiman V.G., Anisimov M.V., Gusev A.V., Serykh I.V., Sidorova A.N., Figurkin A.L., Anisimov I.M.* Multi-decadal oscillations of the ocean active upper-layer heat content // *Pure and Applied Geophysics.* 2017. Vol. 174. No. 7. P. 2863–2878. DOI: 10.1007/s00024-017-1557-3.
- *Бышев В.И., Фигуркин А.Л., Анисимов И.М.* Междекадная изменчивость термической структуры вод верхнего деятельного слоя на северо-западе Тихого океана // *Доклады Академии наук.* 2017. Т. 477. № 2. С. 240–244.
- *Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А.* Климатические ритмы теплового режима Мирового океана // *Природа.* 2016. № 8. С. 26–33.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

