



УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА
КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

Исследование влияния флуктуаций характеристик Северной части Тихого и Атлантического океанов на изменчивость температуры воздуха в Северной Евразии

Е.И. Морару,
И.И. Ипполитов,
С.В. Логинов

Взаимодействие океана и атмосферы



**Изменение температуры
поверхности океана**

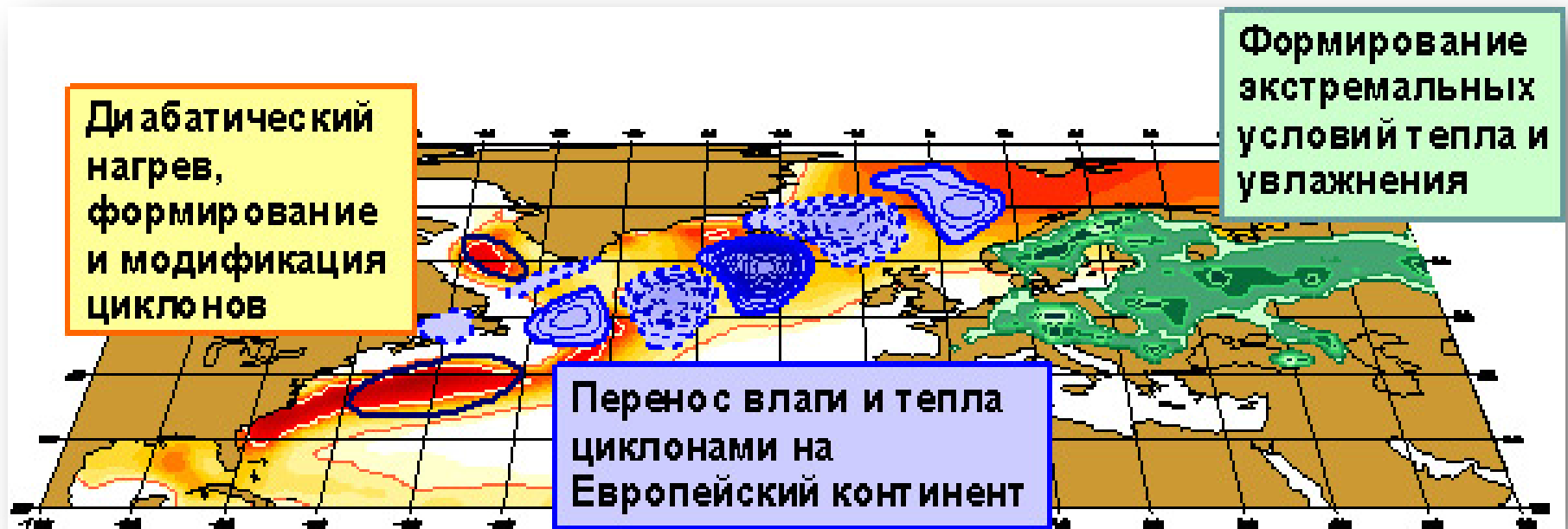


Изменение тепловых потоков



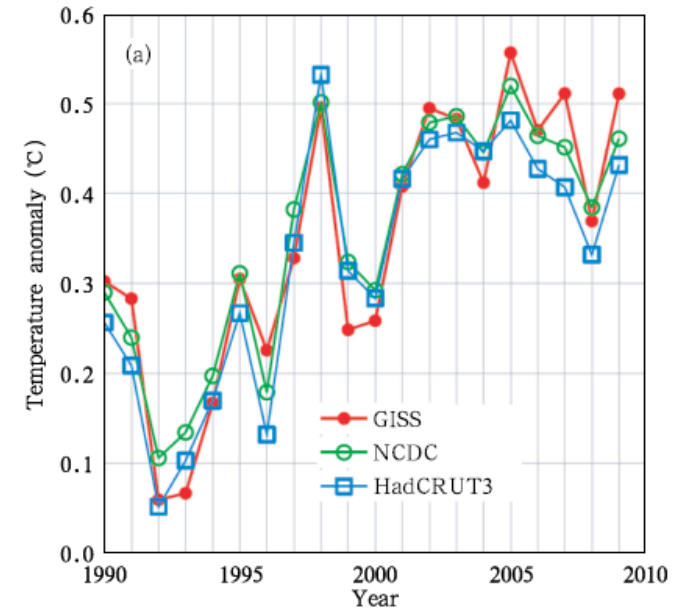
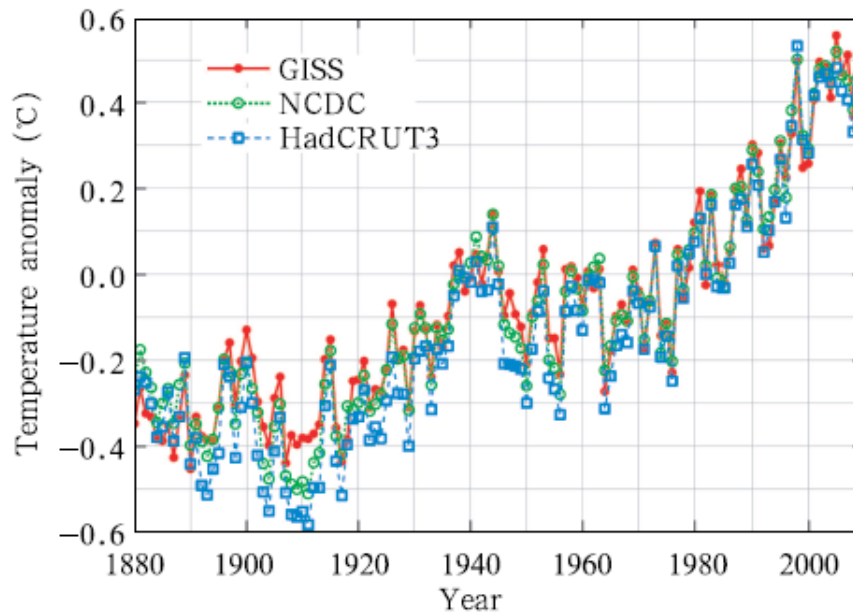
**Воздействие
на циркуляцию и облачность**

Схема влияния Северной Атлантики на климат Европы



Аномалии средней глобальной температуры воздуха

*



Аномалии средней глобальной температуры поверхности океана

**

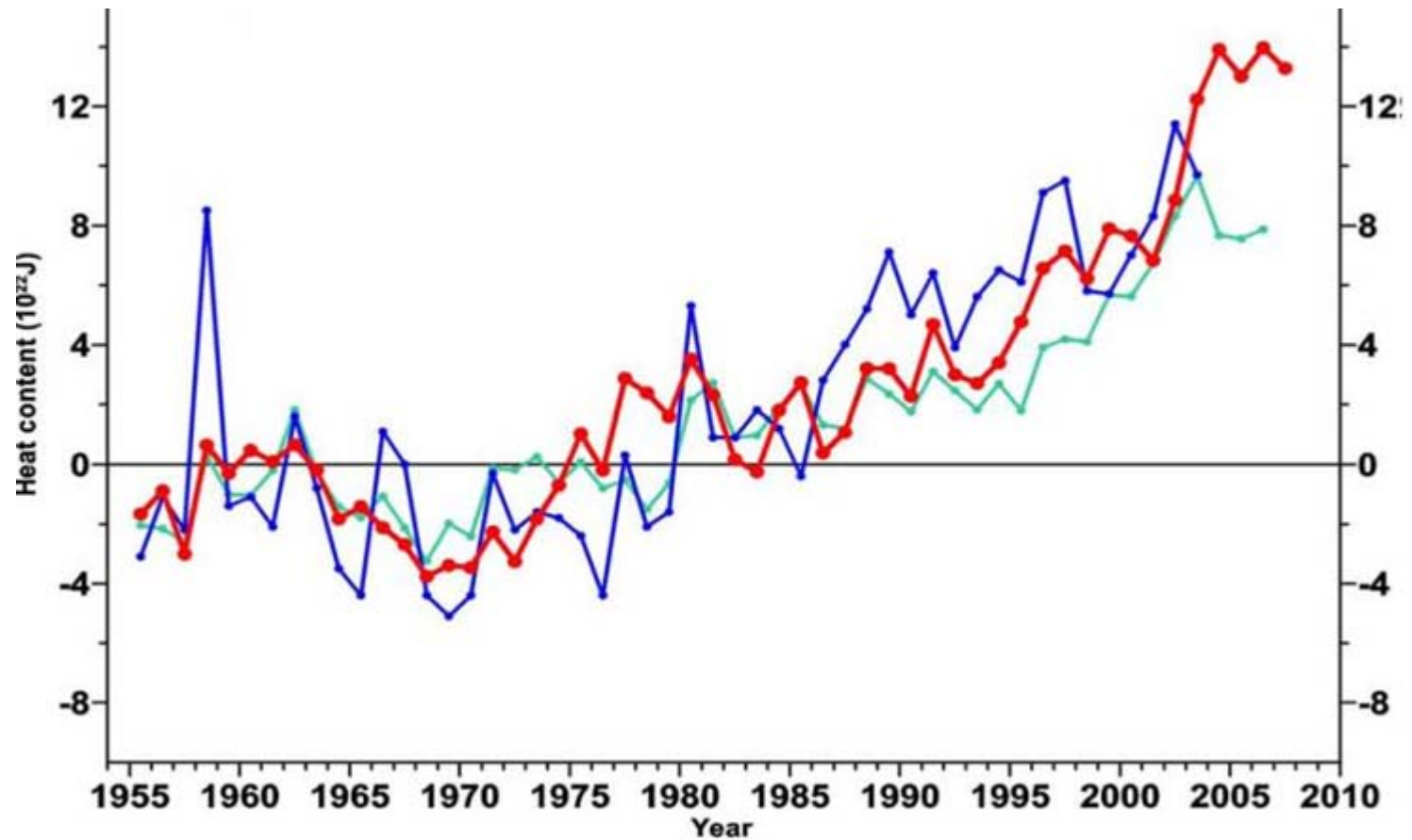


* X. Wen, G. Tang, S. Wang, J. Huang (2011)

** Susana M. Barbosa, Ole B. Andersen (2009)

Deser C.(1993r), Blastoch A.(2008r), Покровский О.М. (2005r)

Межгодовой ход глобального теплосодержания океана в слое 0 – 700 м



- Levitus et al. (2009)
- Domingues et al. (2008)
- Ishii and Kimoto (2008)

Масштабы атмосферных и океанических движений

<i>МАСШТАБ</i>	<i>ХАРАКТЕРИСТИКА</i>	<i>ВРЕМЯ</i>
Микромасштаб	Турбулентное движение	> 1 мин
Конвективный	Значительные вертикальные движения	до 1 ч
Мезомасштаб	Появление направленного движения	> 1ч
Синоптический	Циклонические и антициклонические вихри	7 - 10 дней
Сезонный	Годовой ход и его гармоника	до 1 года
Межгодовой		1 - 6 лет
ВНУТРИВЕКОВОЙ	КВАЗИДЕСЯТИЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ	> 1 ДЕКАДЫ
Межвековой		> 1 века

Возможные причины квазидесятилетних колебаний климата

Солнечная активность и вулканическая деятельность	11 лет
Действие приливной силы на вариации атмосферной циркуляции	18,61 лет 8,85 лет
Декадная неравномерность вращения земли	≈ 10 лет

Цель исследования

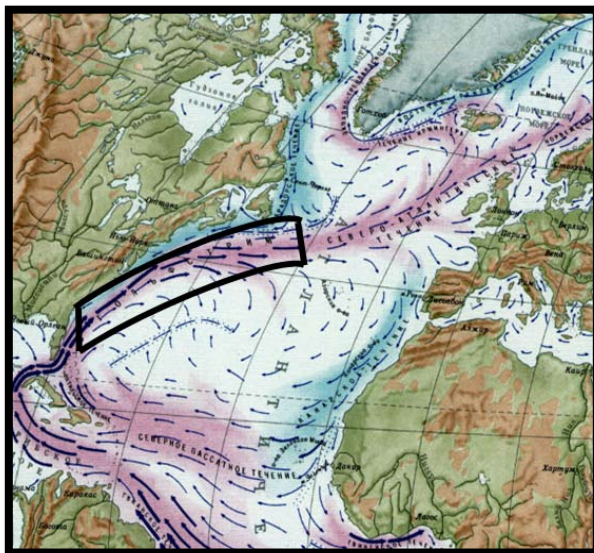
✗ Изучение пространственно-временной изменчивости

- ▶ температуры поверхности океана,
- ▶ потока скрытого тепла,
- ▶ теплосодержания океана

в Северной части Тихого и Атлантического океанов и их связь с температурой воздуха Евразии;

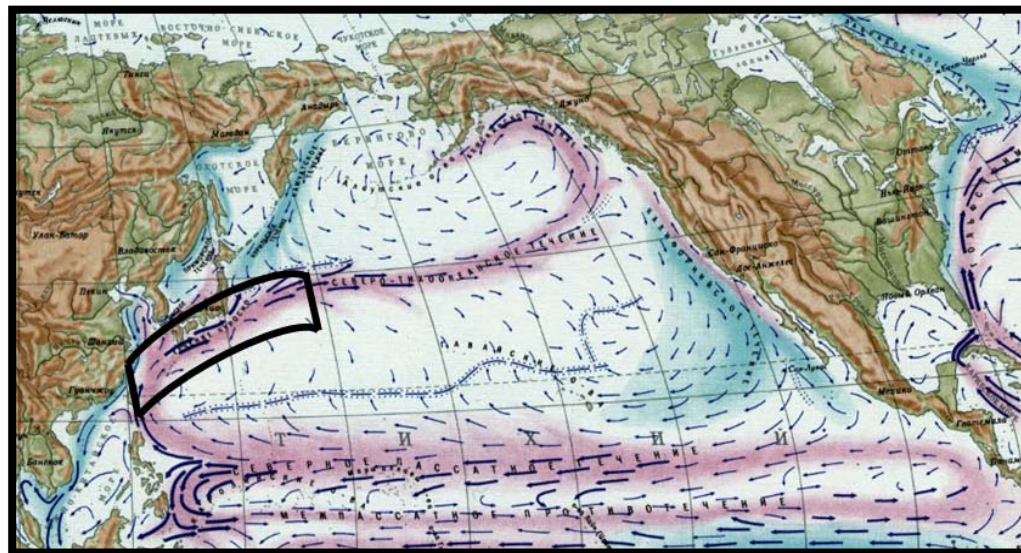
✗ Изучение роли квазидекадных колебаний в пространственно-временной изменчивости характеристик океана и атмосферы в период замедления потепления с 2000 по 2013 гг.

Северная Атлантика



Течение Гольфстрим

Северная часть Тихого океана



Течение Куроисио

Северная Евразия



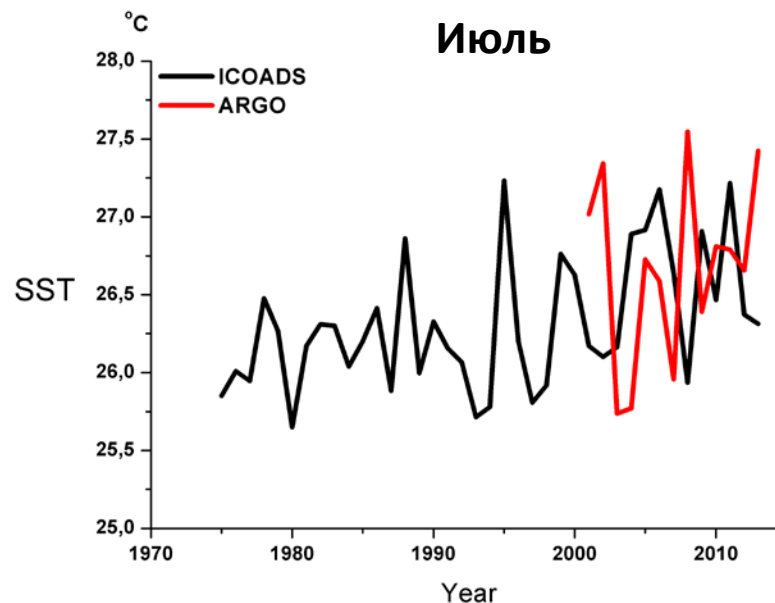
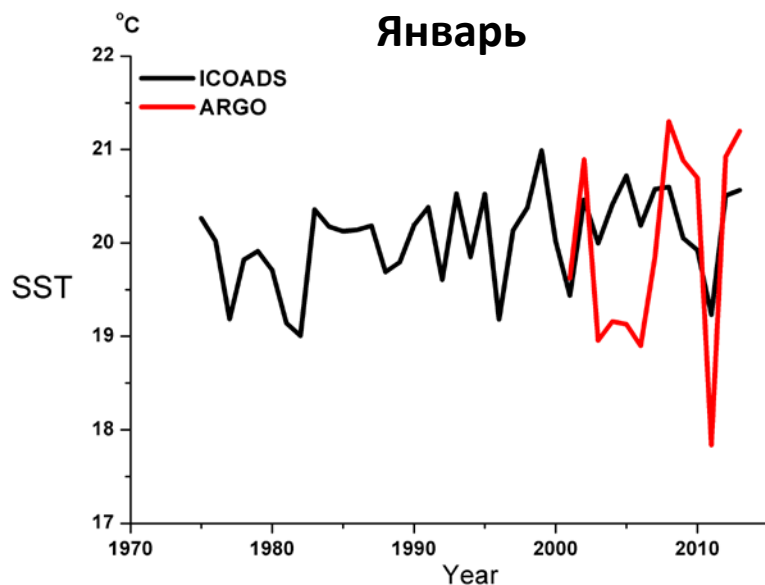
1 – Европа; 2 – Западная Сибирь; 3 – Восточная Сибирь

Исследуемые величины

Базы данных	Тип данных	Период	Исследуемые величины
ICOADS	Судовые наблюдения	1960 – 2013 гг.	SST – температура поверхности океана LE – поток скрытого тепла
CFSR	Реанализ	1979-2010 гг.,	T_pot – потенциальная температура океана SAL – солёность океана
NOAA	Метеорологические наблюдения	1975 – 2012гг.	Temp – температура воздуха на 2 м в Евразии
ARGO	Буи	2000 - 2013 гг.	SST – температура поверхности океана T – температура океана SAL – солёности океана
OAFLUX	Спутниковые наблюдения	1958 - 2011 гг.	SST – температура поверхности океана LE – поток скрытого тепла

ICOADS - ARGO

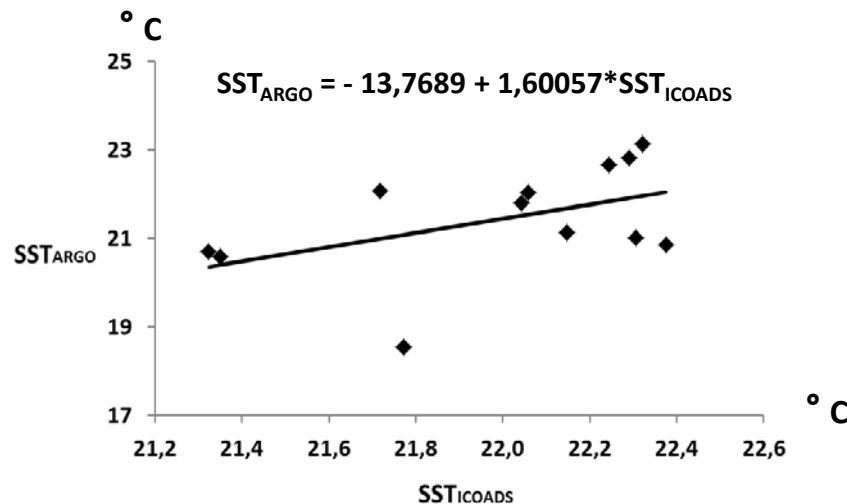
SST, Гольфстрим



$$\sigma_{\text{SST (ICOADS)}} \approx 2,05^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\text{SST (ARGO)}} \approx 1,2^{\circ}\text{C}$$

Регрессия между данными ARGO и ICOADS

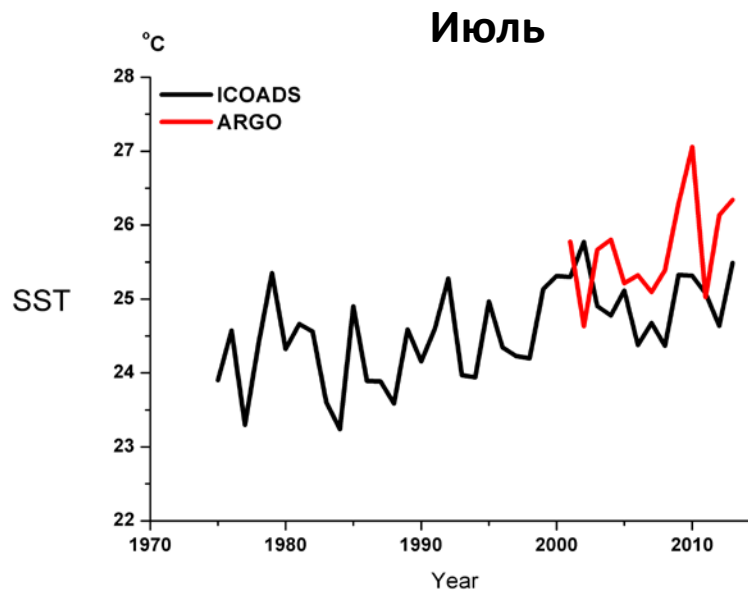
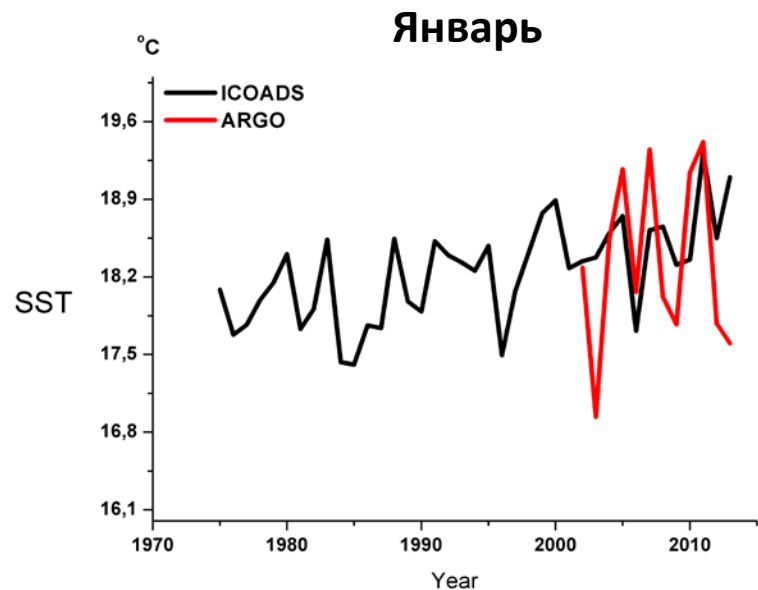


ICOADS – судовые наблюдения

ARGO – наблюдения буёв

ICOADS - ARGO

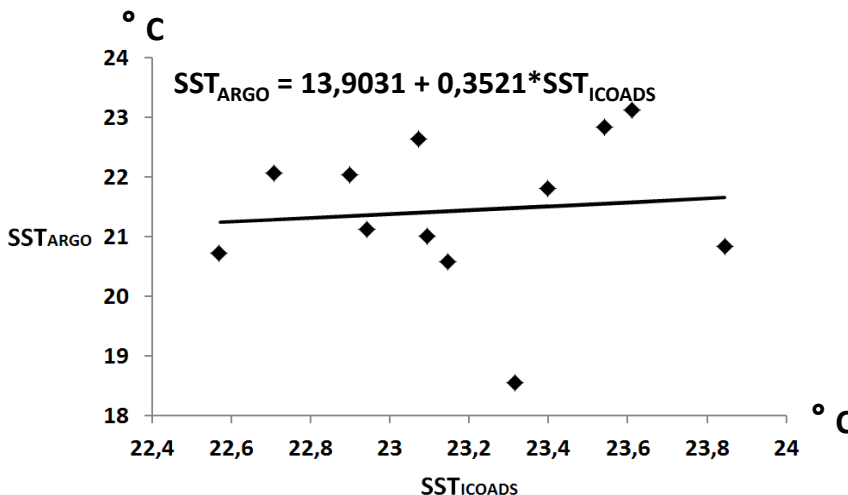
SST, Кurocисо



$$\sigma_{\text{SST (ICOADS)}} \approx 4,04^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\text{SST (ARGO)}} \approx 1,5^{\circ}\text{C}$$

Регрессия между данными ARGO и ICOADS

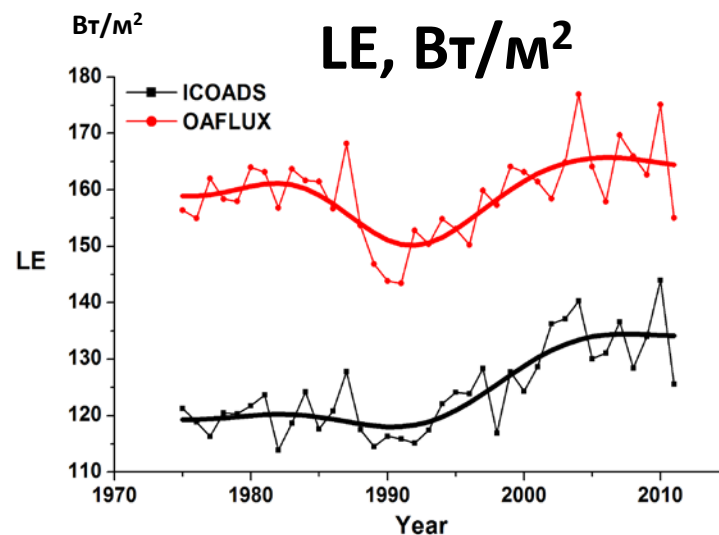
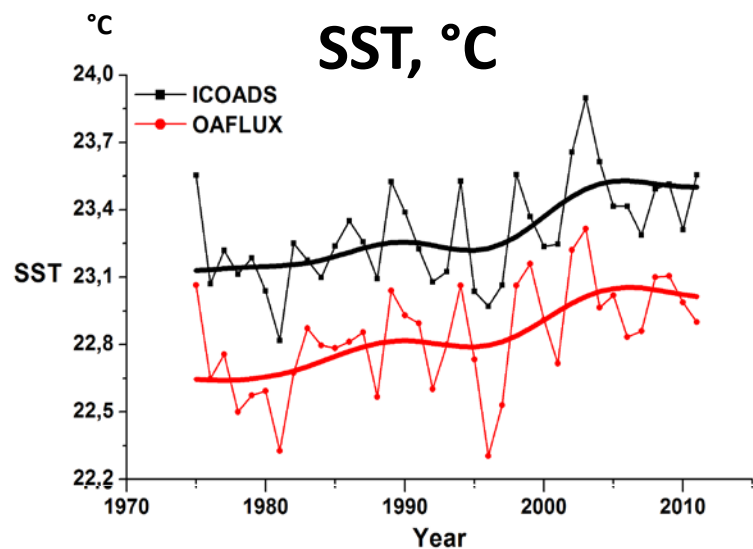


ICOADS – судовые наблюдения

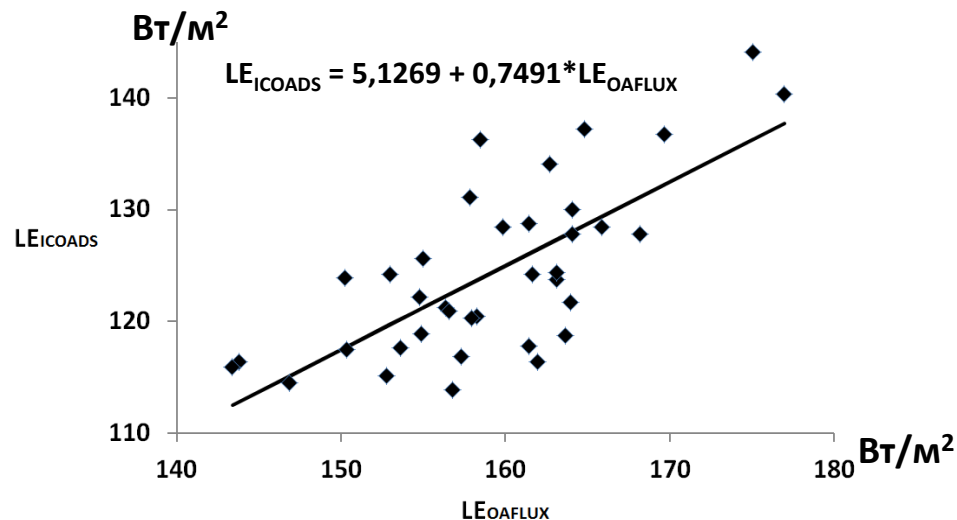
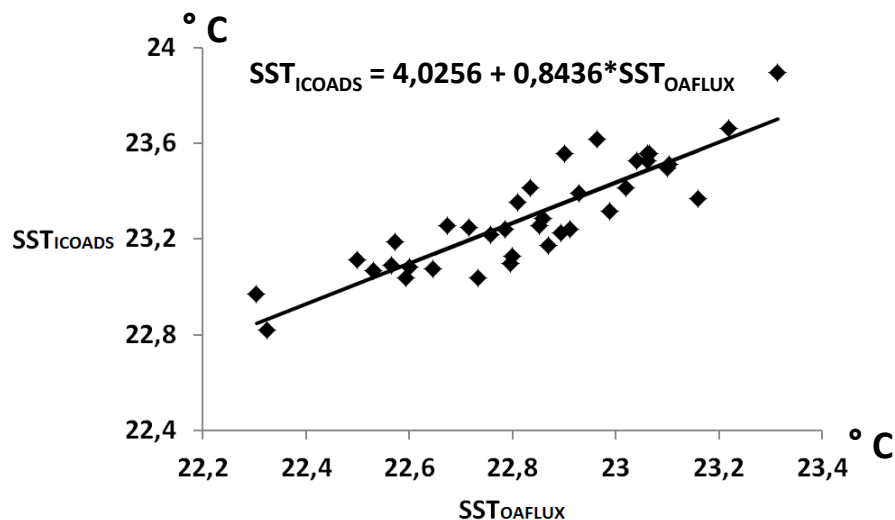
ARGO – наблюдения буёв

ICOADS - OAFLUX

LE, SST, средние за год
Гольфстрим



Регрессия между данными ICOADS и OAFLUX



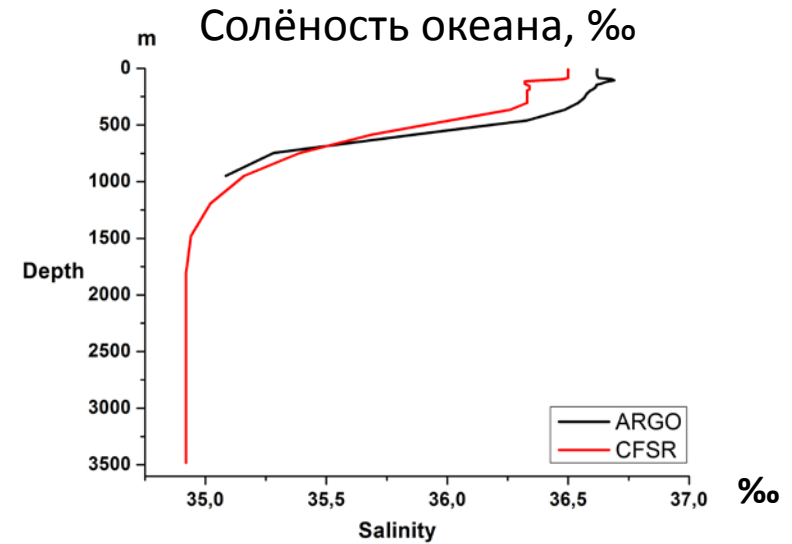
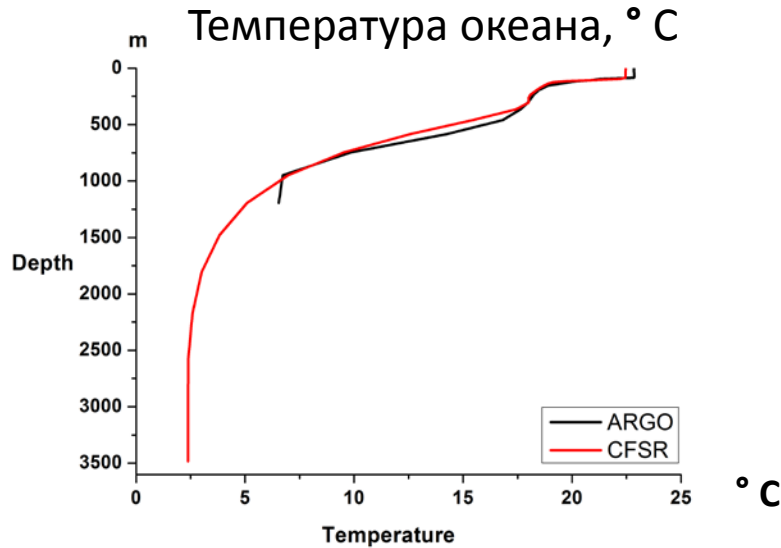
ICOADS – судовые наблюдения

OAFLUX – спутниковые наблюдения

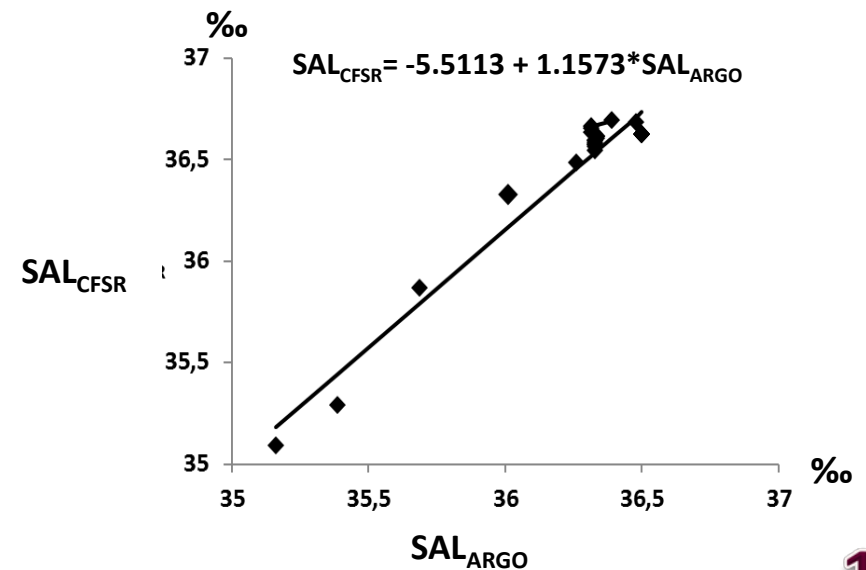
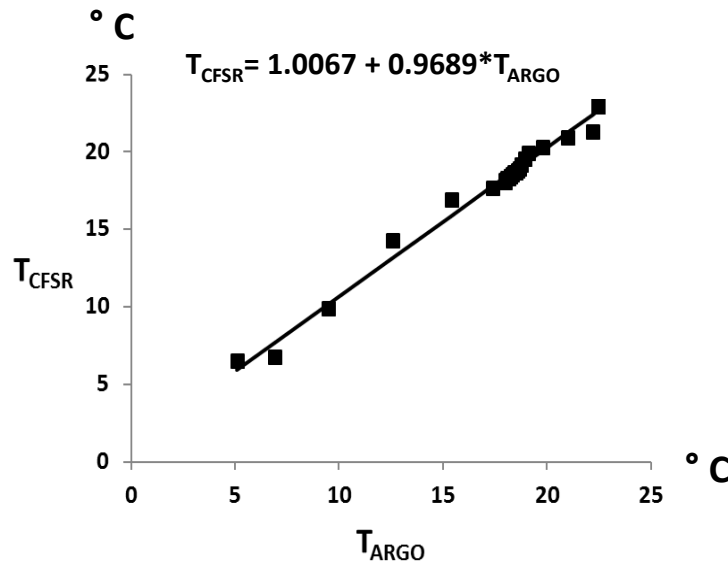
CFSR - ARGO

Дата: 29.11.2010
Время: 19.03

Координаты: -63.970; 32.881
(Гольфстрим)



Регрессия между данными ARGO и CFSR



Расчёт удельного теплосодержания океана

$$Q = Cps * [T - Tz] * m + pV$$

$$q = Cps * [T - Tz] * \rho + p$$

Q – теплосодержание океана (Дж);
q – удельное теплосодержание (Дж/м³)
Cps – теплоёмкость солёной воды;
T – температура воды (°K);
SAL – солёность воды (‰)

Tz – температура замерзания воды (°K);
ρ – плотность воды (999,96);
p – давление;
V – объём воды;

Погрешности теплосодержания

$$\frac{\sigma}{q} = \sigma_q = \sqrt{(\delta_{\text{MET}}^2 + \delta q_T^2 + \delta q_{\text{SAL}}^2)} \approx 10,4 \%$$

Относительные
погрешности

$$\delta q_{\text{SAL}} = \left(\frac{\partial q}{\partial T} \right)_{\text{SAL}} * \frac{\Delta T}{q}$$

$$\delta q_T = \left(\frac{\partial q}{\partial \text{SAL}} \right)_T * \frac{\Delta \text{SAL}}{q}$$

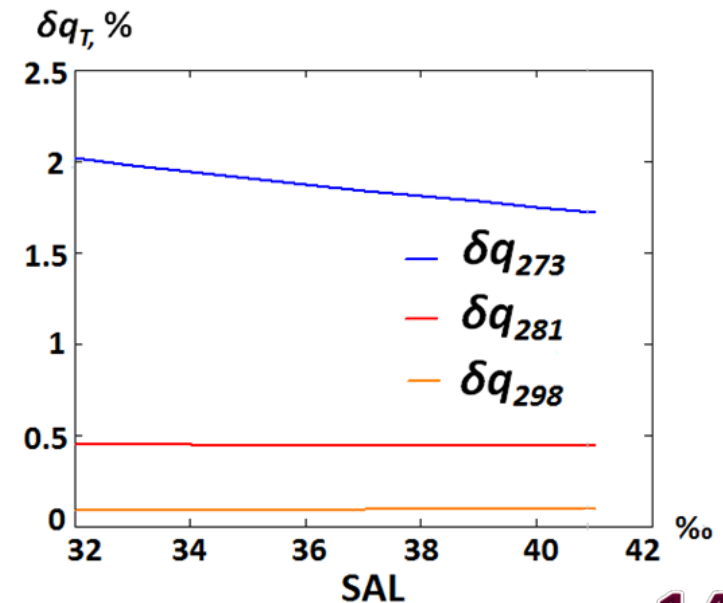
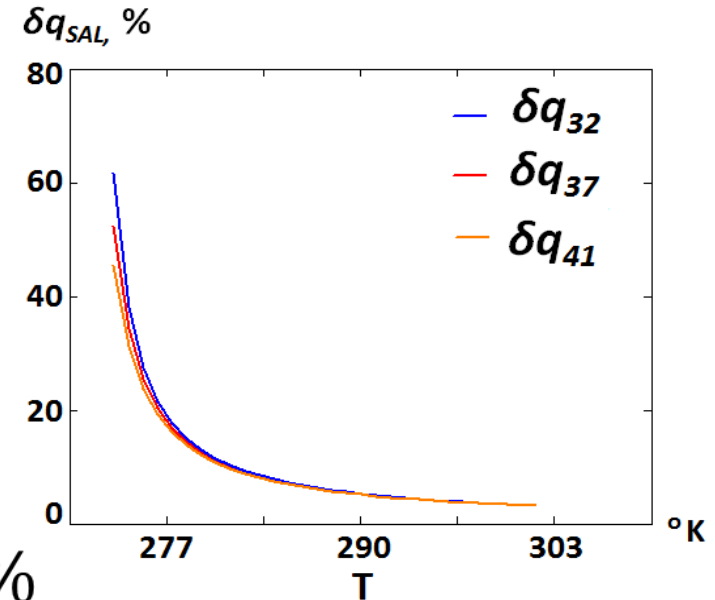
$$\delta q_{\text{MET}} = 2\%$$

$$\delta q_T = 2\%$$

$$\delta q_{\text{SAL}} = 10\%$$

$$\Delta T = 1^\circ\text{K}$$

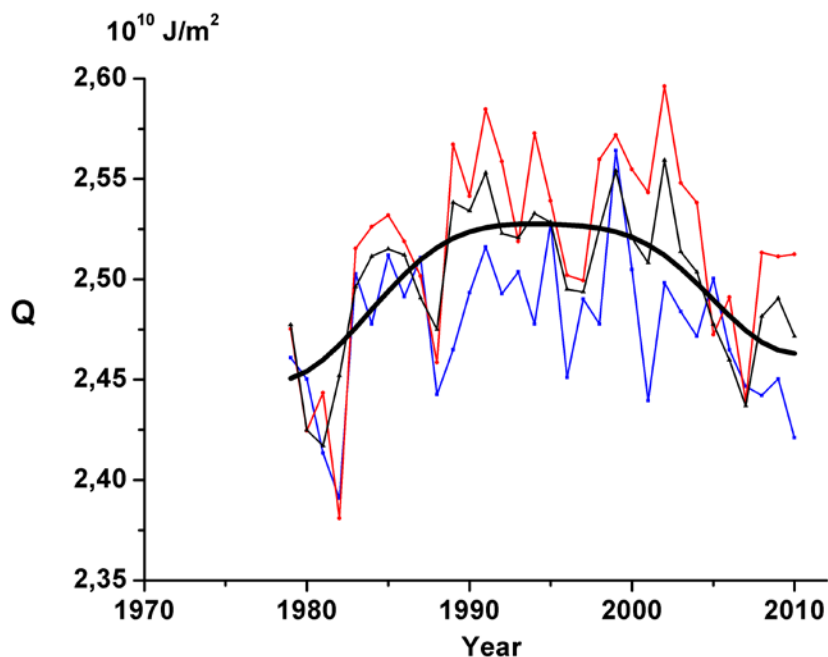
$$\Delta \text{SAL} = 5\text{‰}$$



Теплосодержание океана в слое 0 – 300 м

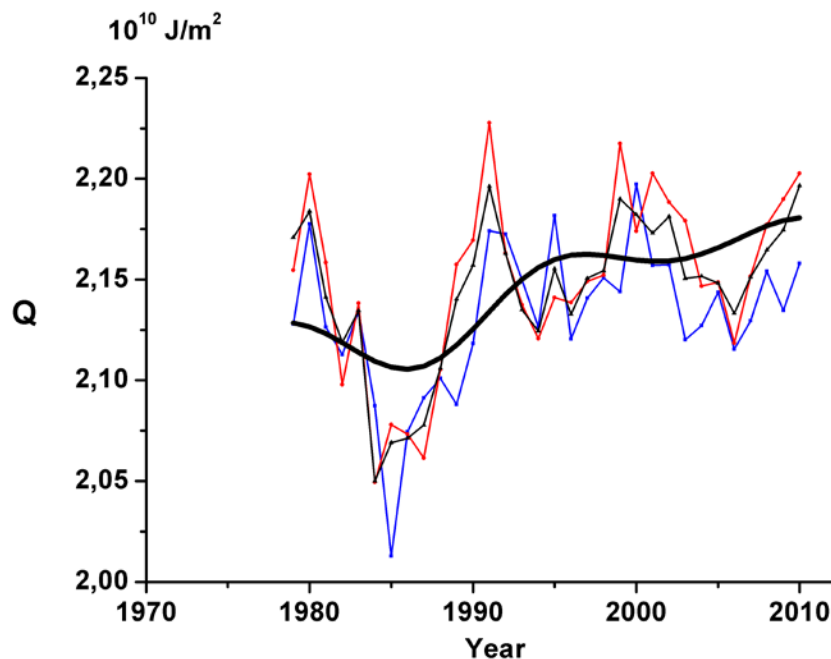
CFSR

Течение Гольфстрим



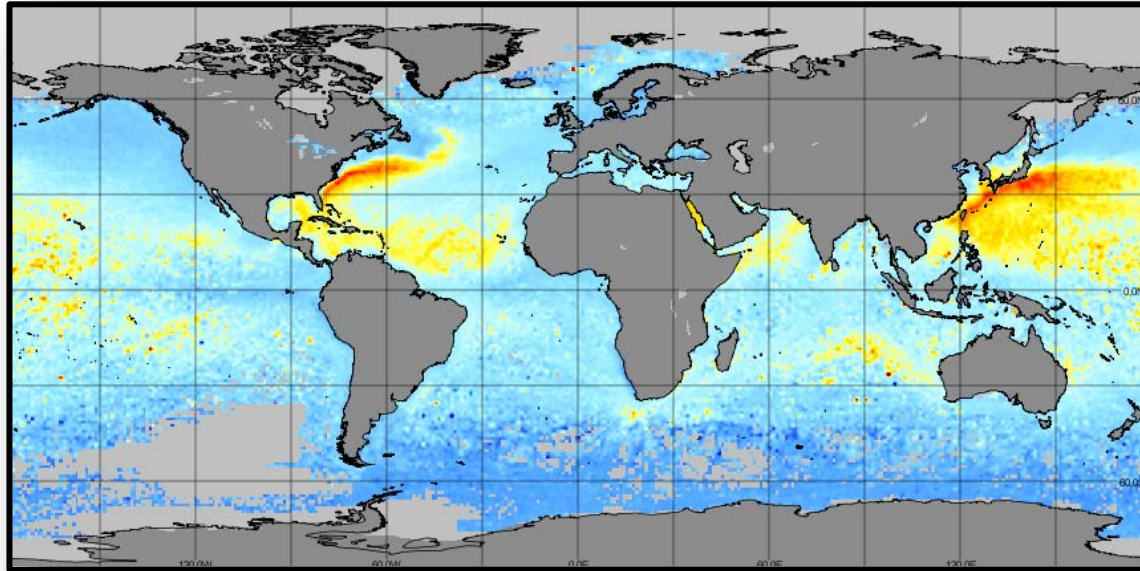
— Июль
— Январь
— Среднее за год

Течение Кюросио



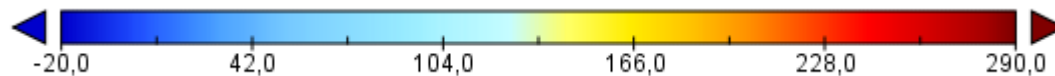
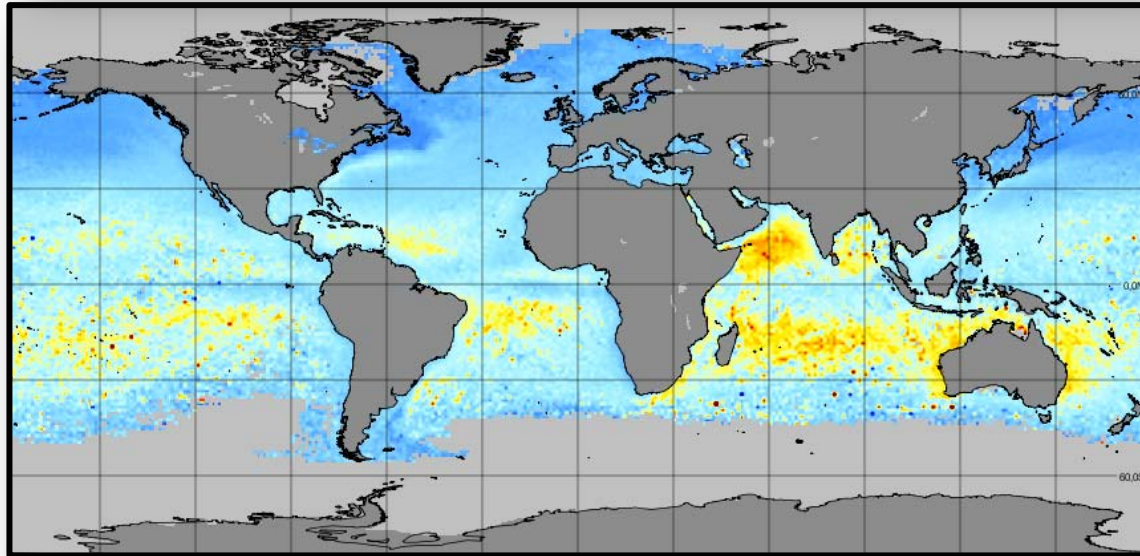
Поток скрытого тепла (LE, Вт/м²), 1975 – 2013 гг.

Январь



ICOADS

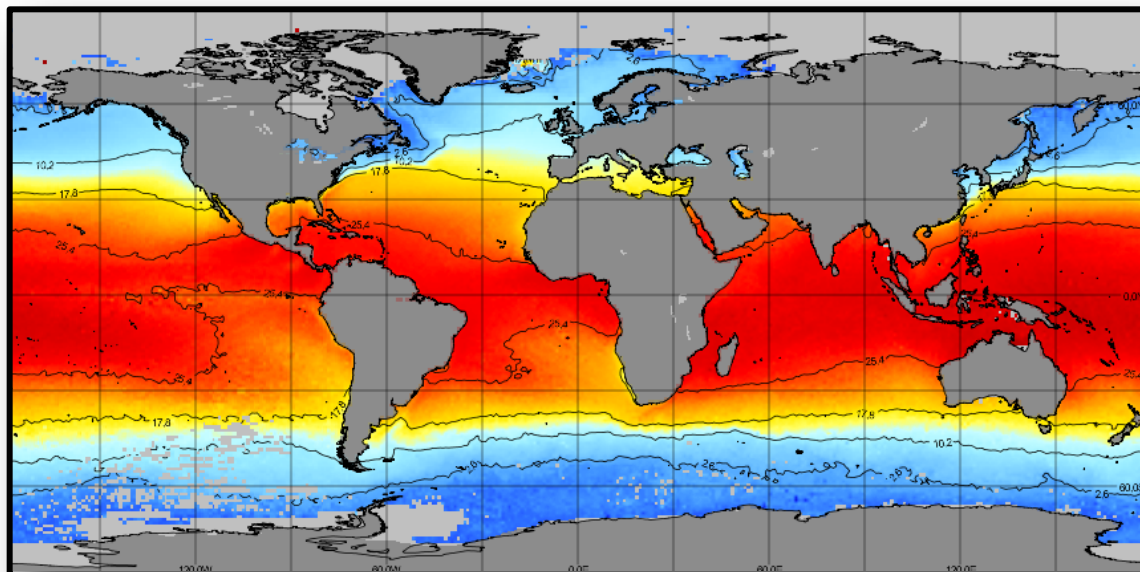
Июль



$\sigma \approx 15 \text{ Вт/м}^2$

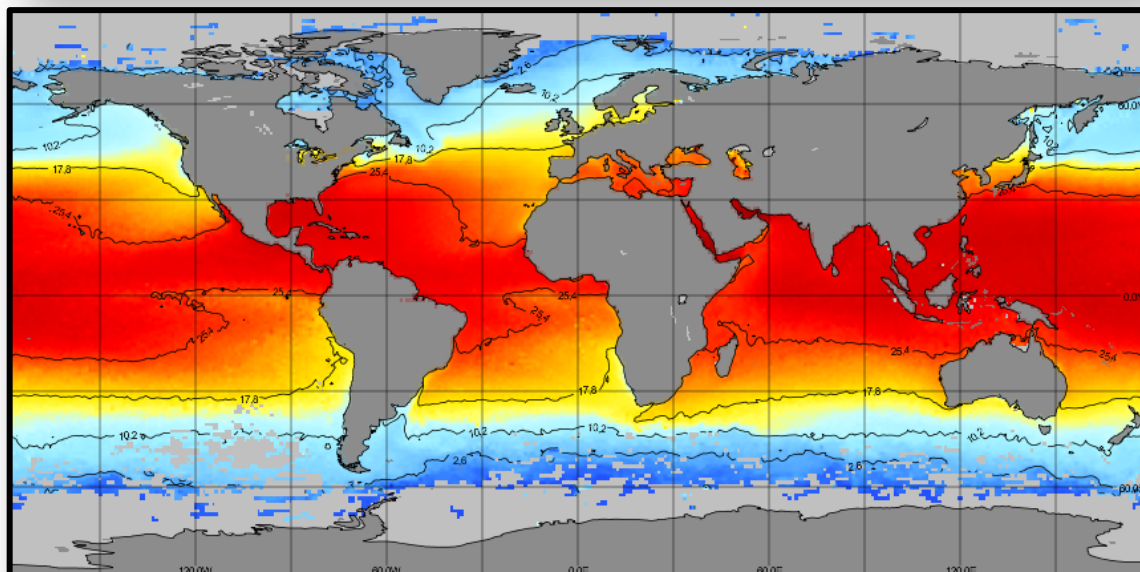
Температура поверхности океана (SST, °C), 1975 – 2013 гг.

Январь



ICOADS

Июль



$\sigma \approx 1,2^{\circ}\text{C}$



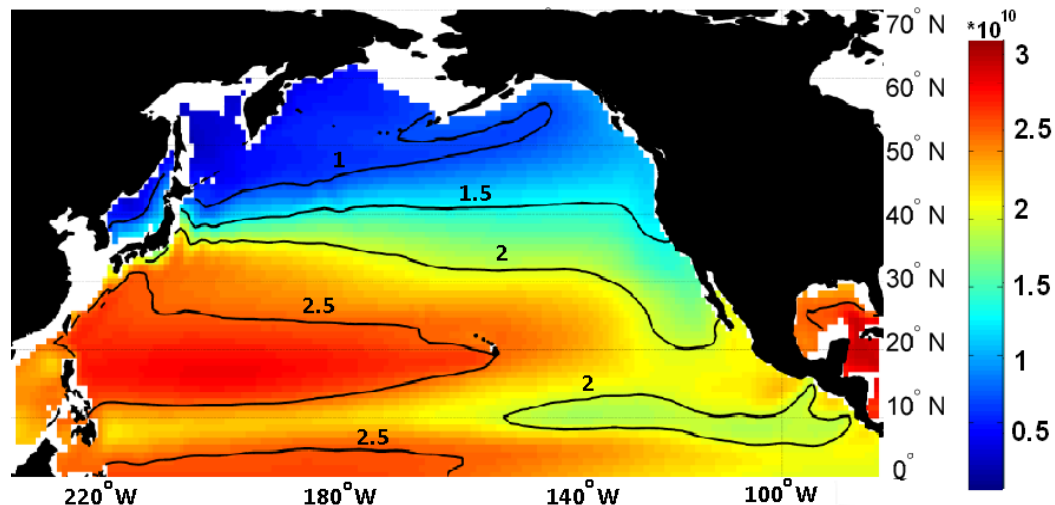
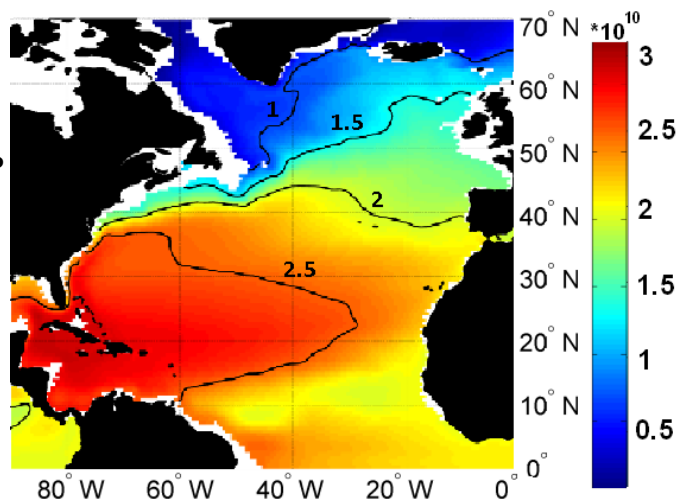
Теплосодержание океана в слое 0 – 300 м (Дж/м²), 1975 – 2013 гг.

CFSR

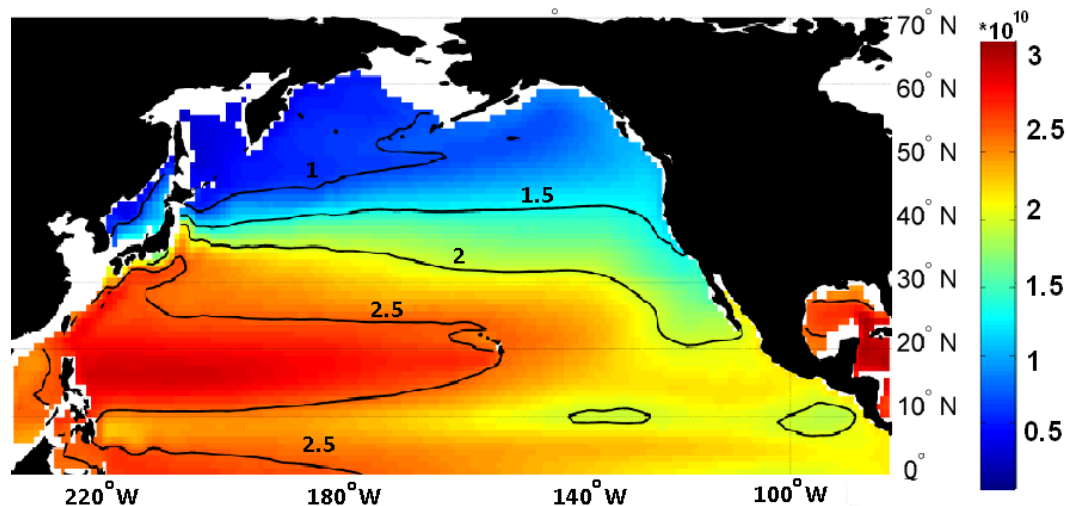
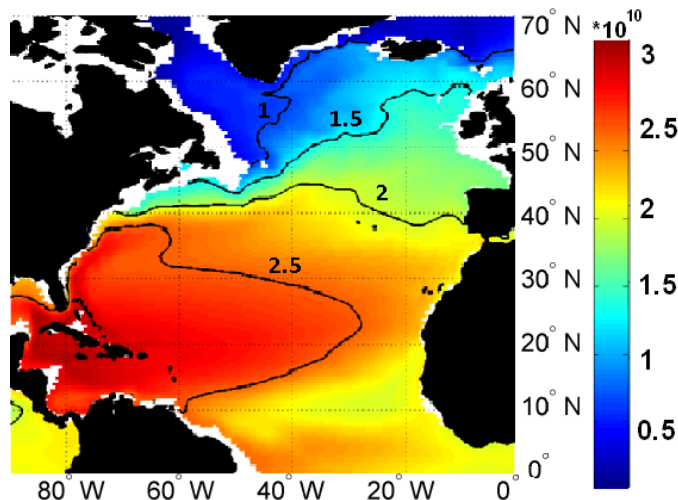
Северная Атлантика

Северная часть Тихого океана

Январь

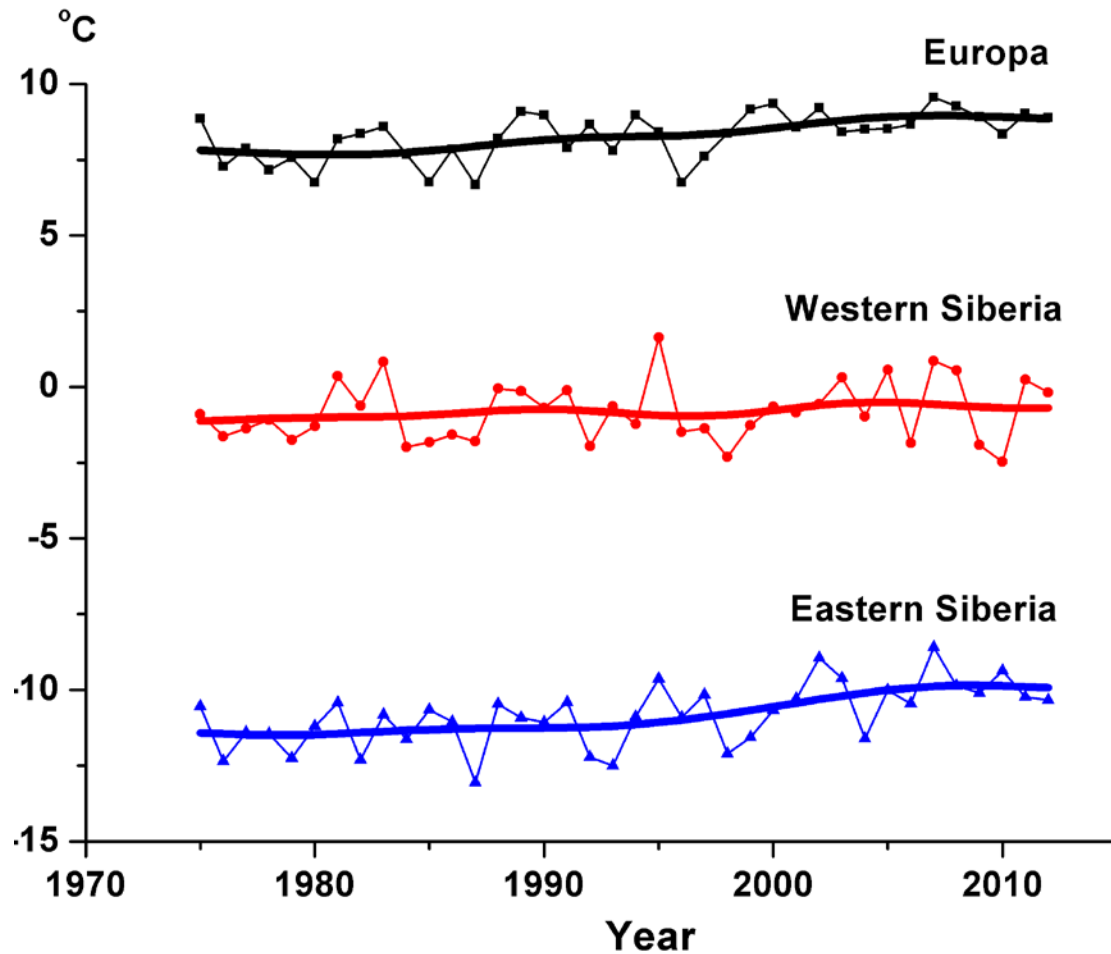


Июль



$\sigma \approx 6,6 \text{ Дж/м}^2$

Среднегодовая температура воздуха в регионах Северной Евразии за период 1975 – 2013 гг.



NOAA

Коэффициент корреляции исходных временных рядов

R_{Temp – SST}

R < 0,3
0,3 < R < 0,5
0,5 < R < 0,7
R > 0,7

Район Океана	Район Евразии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Европа	0,29	0,28	0,26	0,30	0,07	0,15	0,46	0,18	0,30	-0,07	0,00	0,12
Гольфстрим	Западная Сибирь	-0,08	0,44	0,15	0,08	0,22	0,28	0,02	0,14	0,15	0,12	-0,03	-0,08
	Восточная Сибирь	-0,27	-0,10	0,35	0,17	-0,15	0,11	0,34	0,11	0,37	0,06	0,22	-0,11
	Европа	-0,19	0,43	0,30	0,25	-0,09	0,06	0,24	0,24	0,25	0,11	0,25	0,15
Курисио	Западная Сибирь	-0,44	-0,05	-0,12	0,07	0,35	0,18	-0,05	0,04	0,03	0,38	-0,09	-0,06
	Восточная Сибирь	-0,26	-0,19	0,12	-0,02	-0,08	0,04	0,34	0,27	0,39	0,18	0,15	-0,05

R_{Temp – LE}

Район Океана	Район Евразии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Европа	-0,19	0,02	-0,16	-0,11	0,10	0,29	0,45	0,16	0,15	-0,15	0,17	-0,09
Гольфстрим	Западная Сибирь	0,13	-0,06	-0,08	0,23	0,40	0,06	0,00	0,11	0,02	0,17	-0,08	-0,27
	Восточная Сибирь	0,22	-0,30	-0,01	0,19	0,36	0,08	0,44	0,25	0,27	0,15	0,12	0,27
	Европа	-0,14	0,23	0,24	0,29	0,30	0,34	0,28	0,39	-0,01	0,16	-0,17	-0,07
Курисио	Западная Сибирь	-0,20	0,42	0,47	-0,09	0,27	-0,03	-0,06	-0,13	-0,30	0,09	0,08	-0,03
	Восточная Сибирь	0,17	0,18	0,46	0,23	0,46	0,42	0,52	0,23	0,25	0,15	0,32	0,22

R_{Temp – Q}

Район Океана	Район Евразии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Европа	0,10	0,15	0,22	0,30	0,05	-0,04	0,27	0,34	-0,12	-0,07	-0,09	-0,20
Гольфстрим	Западная Сибирь	0,18	0,48	0,12	0,04	0,18	-0,04	0,07	0,00	-0,24	-0,21	-0,18	-0,18
	Восточная Сибирь	-0,01	-0,17	0,15	0,10	-0,14	0,22	0,15	-0,16	-0,16	-0,19	-0,13	-0,28
	Европа	0,22	0,57	0,43	0,15	-0,10	0,42	0,29	0,44	0,09	-0,15	0,30	-0,03
Курисио	Западная Сибирь	0,02	0,29	-0,04	0,25	0,29	0,12	-0,06	-0,04	0,08	0,25	0,24	0,03
	Восточная Сибирь	-0,04	-0,14	0,16	0,07	0,38	0,36	0,41	0,35	0,16	0,01	-0,02	0,24

Коэффициент корреляции квазидекадных периодичностей временных рядов

R_{Temp – SST}

R < 0,3
0,3 < R < 0,5
0,5 < R < 0,7
R > 0,7

Район Океана	Район Евразии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Европа	0,15	0,35	0,26	0,14	0,26	0,06	-0,05	-0,36	0,47	0,03	0,15	0,06
Гольфстрим	Западная Сибирь	0,26	0,49	0,32	-0,01	0,49	0,23	-0,02	-0,19	0,71	-0,28	0,32	-0,55
	Восточная Сибирь	-0,06	0,07	0,39	0,75	-0,04	-0,18	-0,21	0,10	0,11	0,15	0,47	-0,19
	Европа	0,04	0,77	0,77	0,11	0,19	0,37	-0,20	-0,26	0,13	0,10	0,31	-0,30
Курисио	Западная Сибирь	-0,61	0,02	-0,29	0,02	0,54	0,37	-0,18	-0,33	0,09	-0,41	0,06	0,07
	Восточная Сибирь	-0,17	-0,40	0,02	0,56	-0,16	-0,04	0,44	0,27	-0,17	-0,31	-0,51	0,20

R_{Temp – LE}

Район Океана	Район Евразии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Европа	-0,28	-0,06	-0,49	0,15	0,24	0,01	0,10	-0,40	-0,01	-0,18	0,03	-0,32
Гольфстрим	Западная Сибирь	0,35	-0,66	-0,05	0,08	-0,40	0,19	0,03	0,03	0,32	-0,27	0,21	-0,28
	Восточная Сибирь	0,26	-0,06	-0,08	-0,11	0,24	-0,28	-0,07	0,16	0,38	-0,24	-0,11	0,06
	Европа	-0,12	0,23	0,16	-0,15	0,05	-0,29	0,10	0,41	-0,46	0,19	-0,32	-0,08
Курисио	Западная Сибирь	0,04	0,63	-0,03	0,13	0,57	0,15	-0,31	0,17	-0,46	-0,24	-0,38	-0,05
	Восточная Сибирь	0,16	0,38	0,14	-0,08	0,18	-0,02	0,65	-0,23	-0,29	0,14	-0,04	-0,41

R_{Temp – Q}

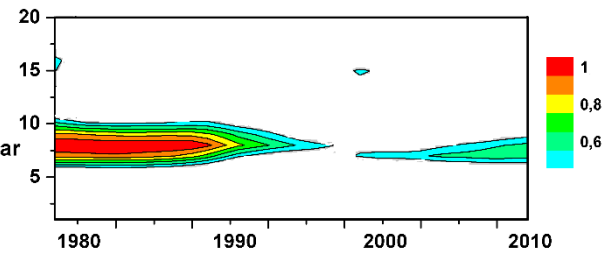
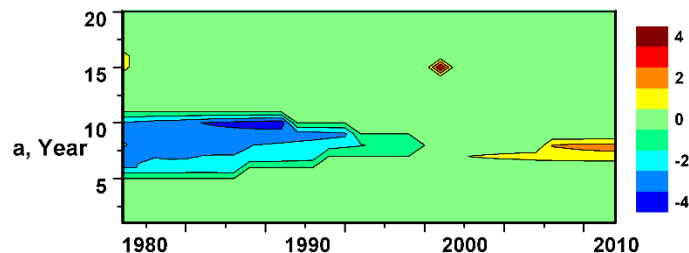
Район Океана	Район Евразии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Европа	0,24	0,06	0,02	0,47	0,36	-0,38	0,19	0,45	-0,54	-0,19	0,06	-0,41
Гольфстрим	Западная Сибирь	0,16	0,41	0,24	0,05	0,24	-0,05	-0,02	0,11	-0,39	-0,42	-0,41	-0,64
	Восточная Сибирь	-0,32	0,01	-0,26	0,58	-0,13	0,05	0,43	-0,68	-0,73	-0,48	-0,06	-0,51
	Европа	0,34	0,69	0,78	-0,27	-0,44	0,48	-0,08	0,36	-0,05	-0,22	0,38	-0,30
Курисио	Западная Сибирь	-0,06	0,43	-0,50	0,44	0,60	0,29	-0,13	0,19	-0,03	-0,21	0,04	0,26
	Восточная Сибирь	-0,03	-0,01	-0,04	0,20	0,37	0,40	0,61	0,01	-0,39	-0,38	-0,63	0,14

Q Гольфстрим – Temp Европа

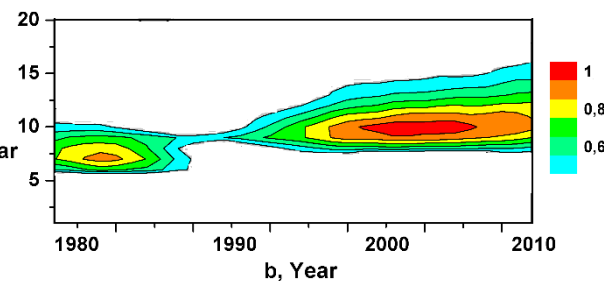
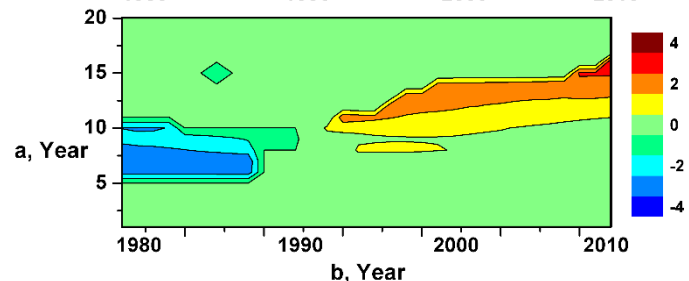
Фаза

Когерентность

Январь

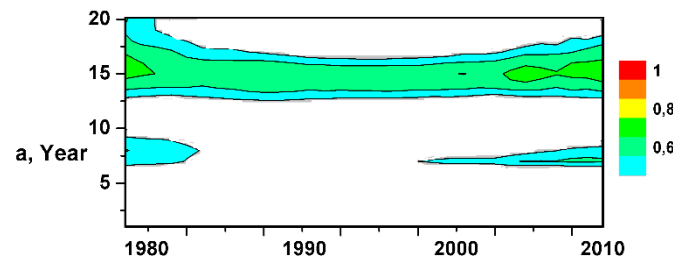
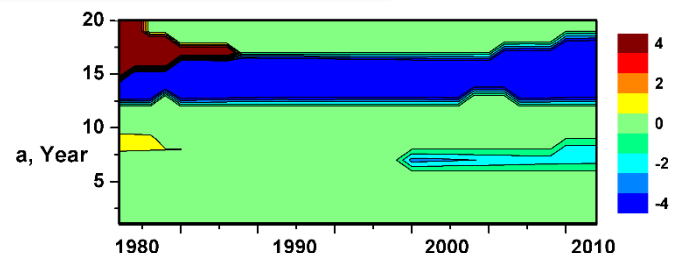


Июль

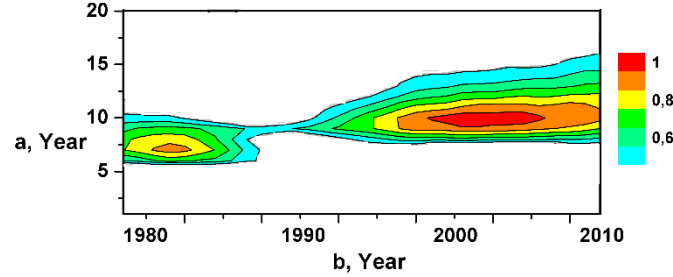
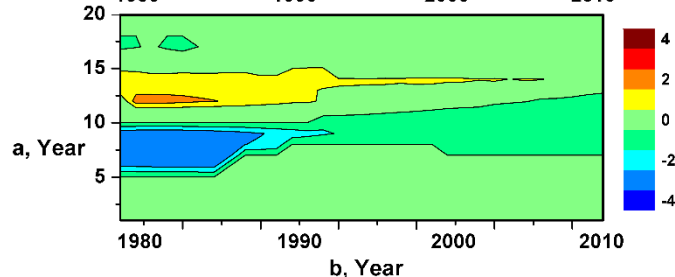


Q Гольфстрим – Temp Восточная Сибирь

Январь



Июль



Полученные результаты

- ✘ Районы крупномасштабных океанических течений характеризуются максимальным теплообменом между океаном и атмосферой;
- ✘ Наибольший обмен тепла наблюдается в зимний период с максимумом в декабре;
- ✘ Установлено, что до 2000 г. в средних широтах наблюдалось увеличение температуры поверхности океана, тепловых потоков и теплосодержания океана, а в последнее десятилетие заметна их стабилизация.
- ✘ Связь между квазидекадными периодичностями в рядах теплосодержания океана и температуры воздуха в Евразии наиболее выражена в последней 15-летний временной интервал.

Спасибо за внимание

