

Межгодовая изменчивость циркуляции вод в Северной Атлантике по данным об уровне океана и её взаимосвязь с климатом

Аспирант 2 курса РГГМУ
Ангудович Яромир Игоревич

Двадцать вторая международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"
2024



Район исследования: Северная часть Атлантического океана

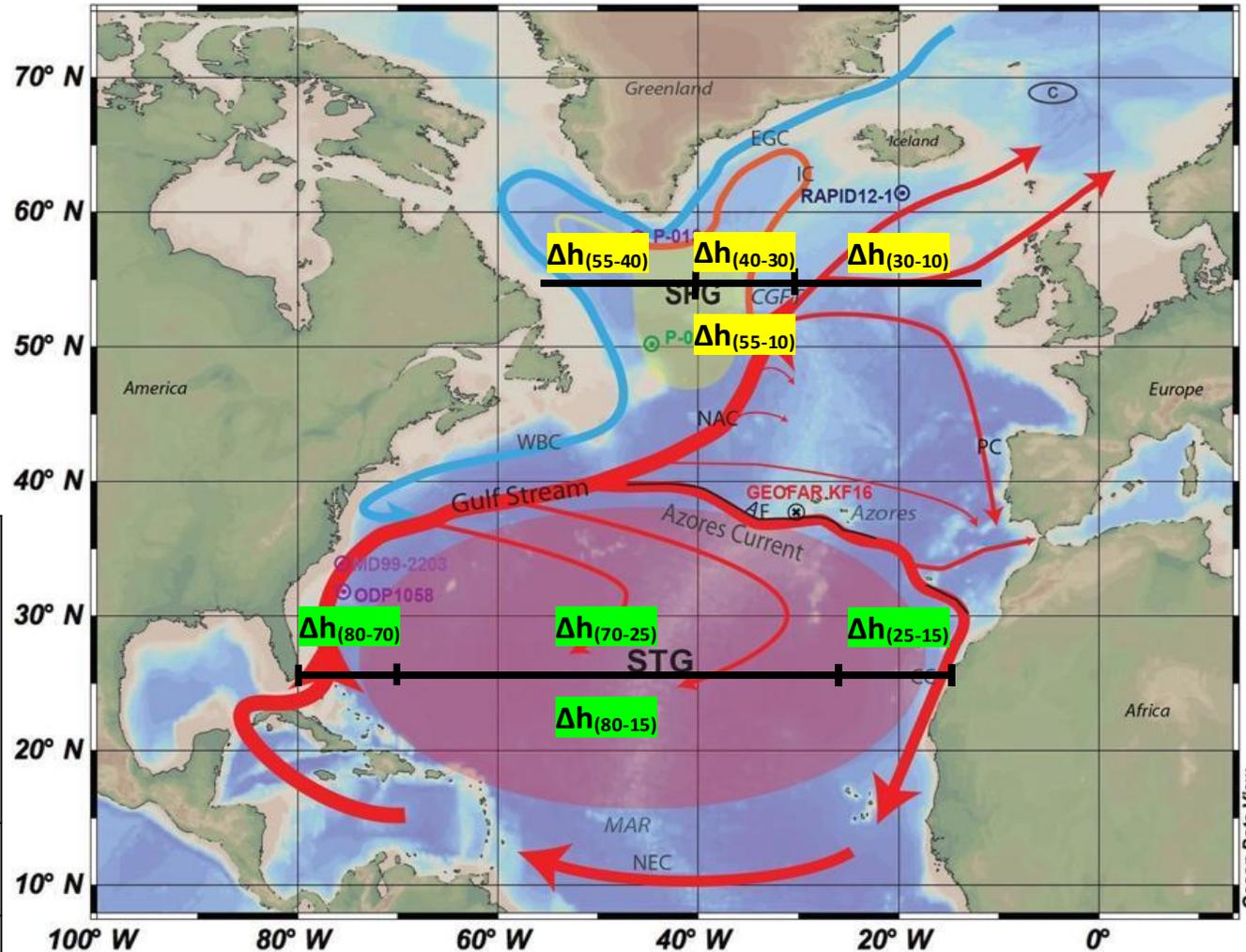
Исходные данные:

- 1) Среднемесячные данные по морскому уровню архива ре-анализа Copernicus - SEALEVEL_GLO_PHY_L4_MY_008_047 (1993-2021 гг [мм]).
Модель версии LIM2 EVP NEMO 3.1. Дискретность $1/12^\circ$
- 2) Расход АМОС, Q_{EK} , Q_{GS} , Q_{UMO} (Св) – программа RAPID (2004 – 2021 гг.)
- 3) Расход Флоридского течения NOA AOML (Св) (1993 – 2021 гг.)
- 4) Климатические индексы в Северной Атлантике: САК, GSNW, $V_{\text{БерЭАЗО}}$, $V_{\text{НьюфаундЭАЗО}}$, АМО, АО (1993 – 2021 гг.)
- 5) ТПО ЛМ и ИМ – Средние температуры поверхности океана в областях глубокой конвекции морей Лабрадор и Ирмингера (Copernicus - GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030) (1993 – 2021 гг. [$^\circ\text{C}$])
- 6) Суммарный приток тепла в Норвежской, Бермудской, Лабрадорской и Ньюфаундлендской ЭАЗО по данным архива Columbia.

Схема циркуляции вод в Северной Атлантике

Южный разрез - 26° с.ш. 80-15° з.д.

Северный разрез - 56° с.ш. 55-10° з.д.



Малинин В.Н., Ангудович Я.И., 2022

26° с.ш.	Коэффициент детерминации		Ошибка модели в долях СКО	
	Δh	h_{cp}	Δh	h_{cp}
АМОС	0,85	0,92	0,41	0,28
Q_{УМО}	0,77	0,88	0,36	0,25

Связь колебаний уровня на широтном разрезе 25° с.ш. между 78–80° з.д. (2) с расходом Флоридского течения (1).

Коэффициент корреляции:

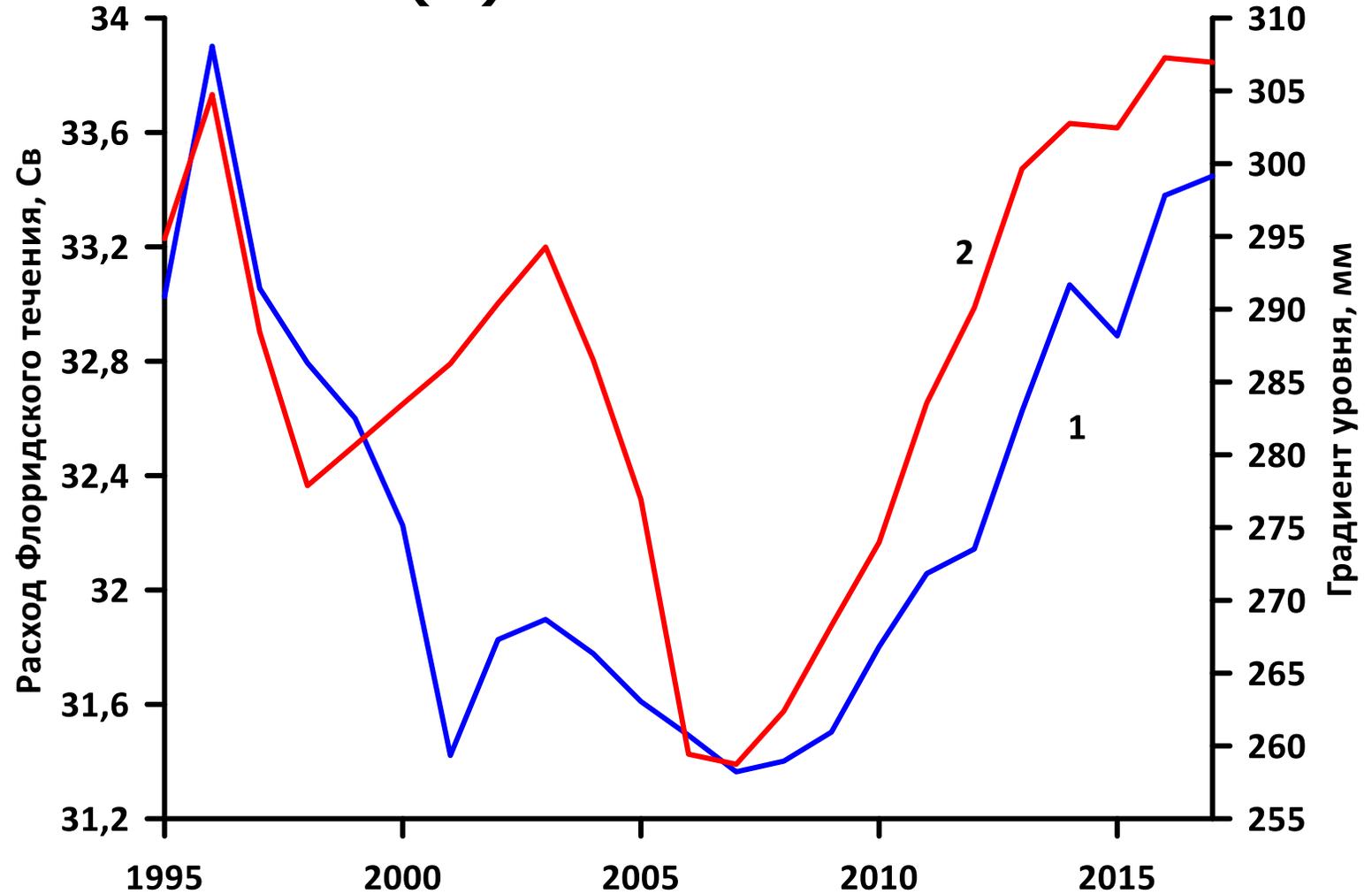
Δh и ФТ $r = 0,79$

$h_{\text{ср}}$ и ФТ $r = 0,51$

Δh и $h_{\text{ср}}$ $r = 0,73$

Δh – градиент уровня на концах разреза

$h_{\text{ср}}$ – средний уровень на разрезе



Атлантическая меридиональная опрокидывающаяся циркуляция (АМОС)

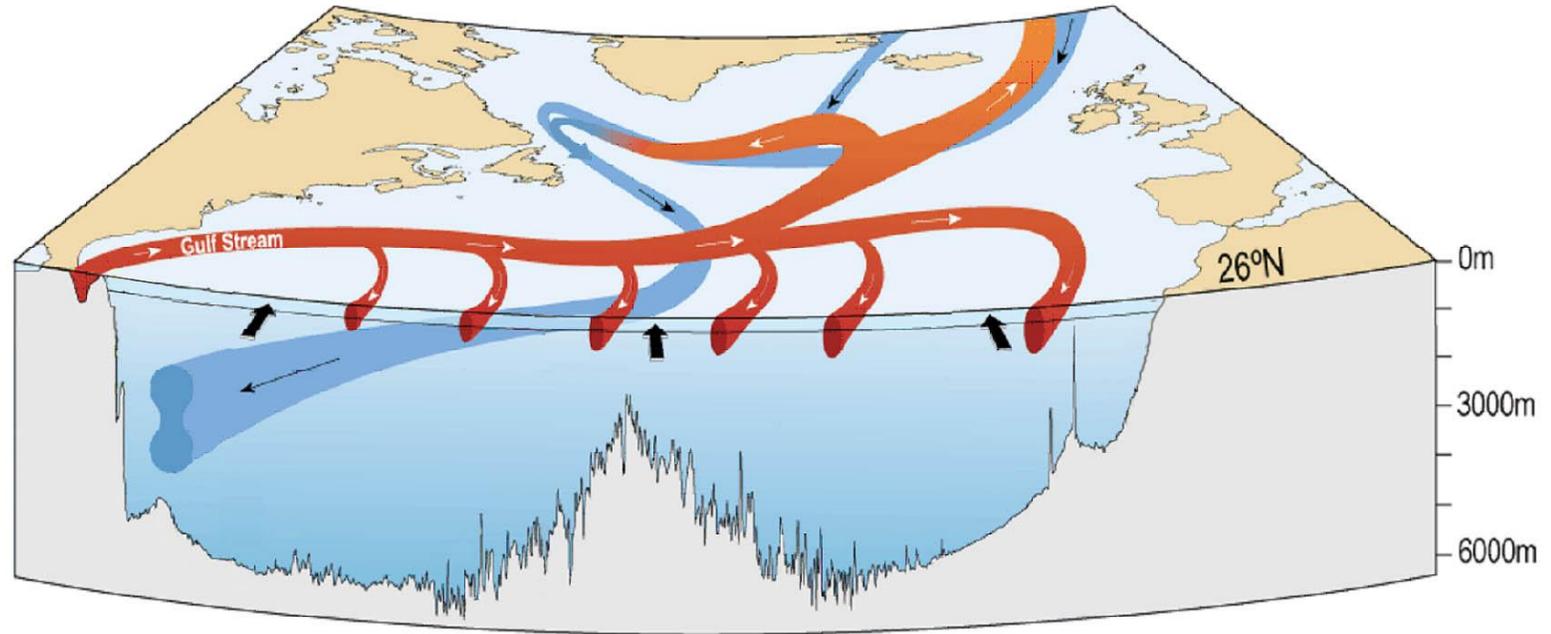
$$\text{АМОС} = Q_{\text{ЕК}} + Q_{\text{FC}} - Q_{\text{УМО}}$$

$$Q_{\text{ЕК}} = 3,5 \text{ Св}$$

$$Q_{\text{FC}} = 31,5 \text{ Св}$$

$$Q_{\text{УМО}} = 17,5 \text{ Св}$$

$$\text{АМОС} = 17,5 \text{ Св}$$



Принципиальная схема, показывающая составные части АМОС на широте 26° с.ш.

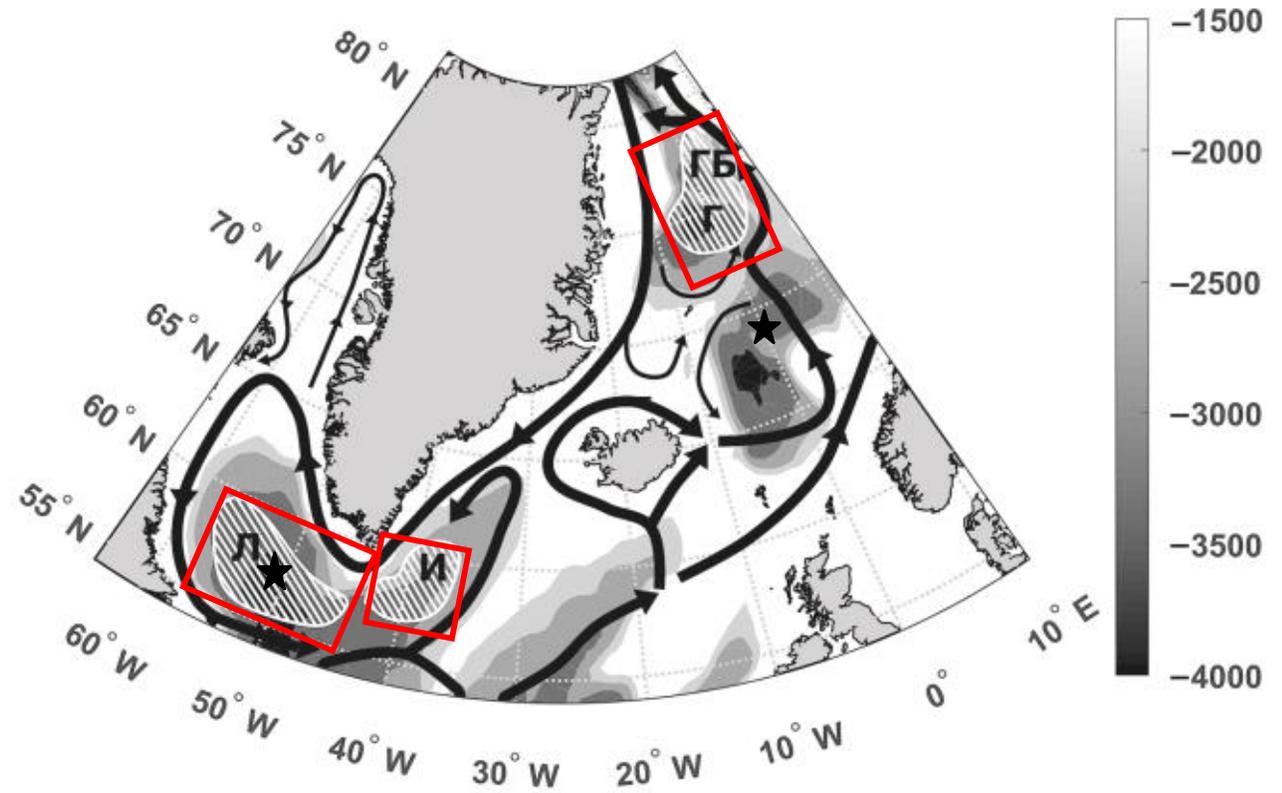
Субполярный циклонический круговорот

Распределение температуры по слоям:

Глубина	Дискретность
0 - 30 м	5 м
30 - 100 м	10 м
100 - 200 м	25 м
200 - 500 м	50 м
500 - 1000 м	100 м

Сопоставление коэффициентов корреляции данных ТПО и температуры в слое от 0 до 1000 м для очагов глубокой конвекции за 1993–2022 гг.

Осредненная в слое 0–1000 м температура воды	Море Лабрадор (МЛ)	Море Ирмингера (МИ)	Гренландская котловина (ГК)
Год	0,84	0,93	0,94
Зима	0,80	0,89	0,91
Лето	0,51	0,58	0,73



Распределение коэффициентов корреляций значений Δh и h_{cp} на разрезе 56° с.ш. с основными климатическими индексами.

Параметр	$h_{(57-38)}$		$h_{(28-38)}$		$h_{(10-28)}$	
	Δh , мм	h_{cp} , мм	Δh , мм	h_{cp} , мм	Δh , мм	h_{cp} , мм
МЛ ТПО	-0.17	0.83	-0.19	0.76	-0.19	0.62
МИ ТПО	-0.36	0.75	-0.37	0.78	-0.36	0.40
ГК ТПО	0.67	0.58	0.42	-0.06	0.69	0.70
НорЭАЗО	0.11	0.60	-0.16	0.11	-0.11	-0.09
БерЭАЗО	0.46	0.03	0.44	-0.29	0.60	0.45
ЛабрЭАЗО	0.15	-0.15	-0.06	-0.50	-0.09	-0.71
НьюфаундЭАЗО	-0.15	-0.58	-0.14	-0.39	0.45	-0.22
САК	0.44	-0.25	0.22	-0.53	0.82	0.07
АМО	0.27	0.70	0.10	0.39	0.44	0.84
АО	0.51	-0.02	0.40	-0.32	0.71	0.39
GSNW	0.25	-0.46	0.06	-0.64	0.56	-0.38

Оптимальные модели пошаговой регрессии для уровня на 56° с.ш.

$$AMOC = -0,103\Delta h_{(50-40)} + 0,059\Delta h_{(20-10)} - 0,027\Delta h_{(30-20)} + 0,018$$

$$Q_{UMO} = 0,428\Delta h_{(50-40)} + 0,187\Delta h_{(30-20)} + 0,171$$

$$AMOC = -0,090h_{cp(57-50)} + 0,112h_{cp(40-30)} - 0,063h_{cp(30-20)} + 0,021$$

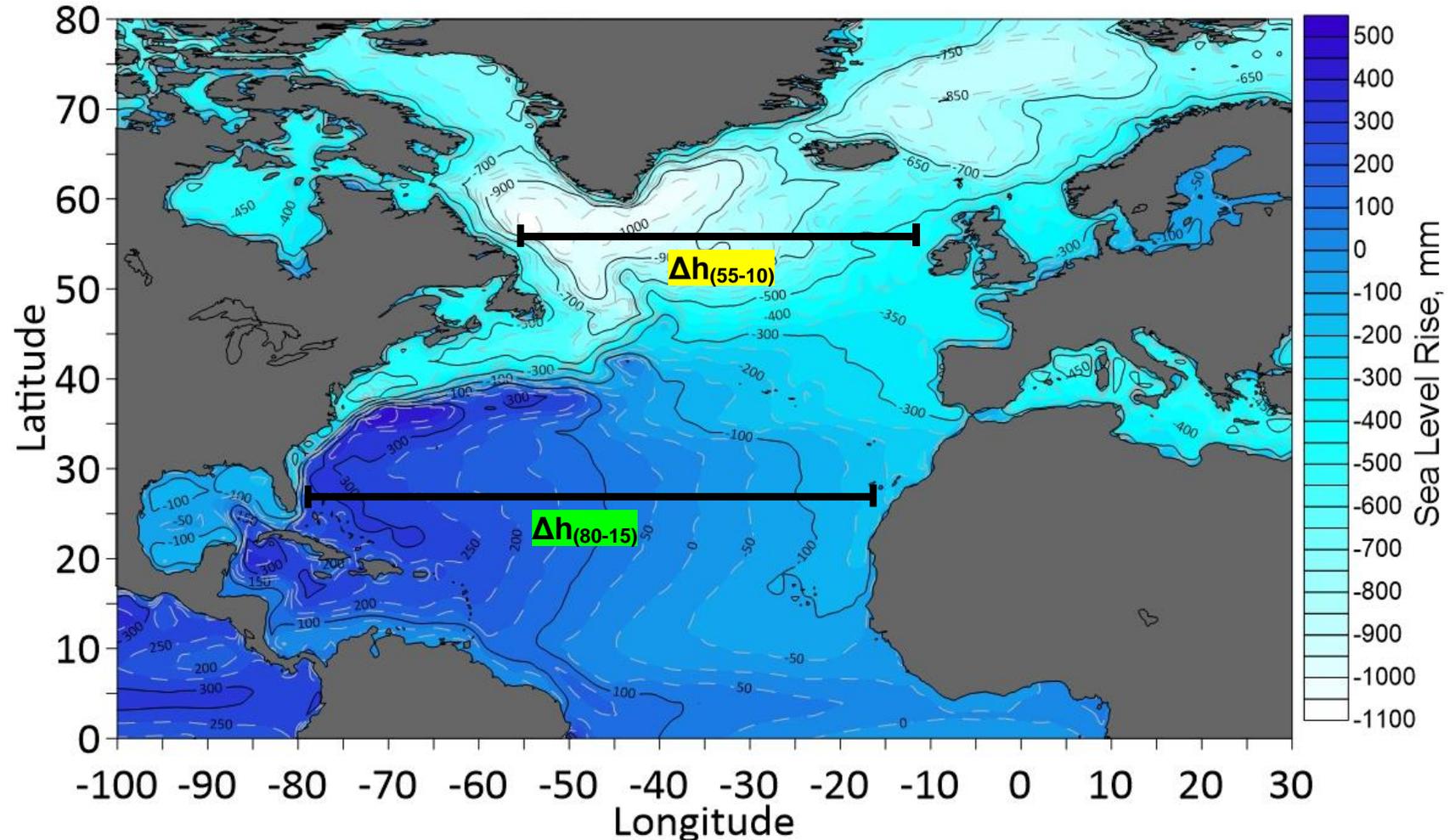
$$Q_{UMO} = 0,70h_{cp(57-50)} - 0,069\Delta h_{(40-30)} + 0,053\Delta h_{(20-10)} + 0,014$$

Статистические оценки регрессионных моделей

	Коэффициент детерминации		Ошибка модели в долях СКО	
	Δh	h _{cp}	Δh	h _{cp}
	AMOC	0.885	0.961	0.301
Q_{UMO}	0.891	0.939	0.218	0.171

Интегральный уровенный индекс Североатлантической циркуляции (ИСЦ)

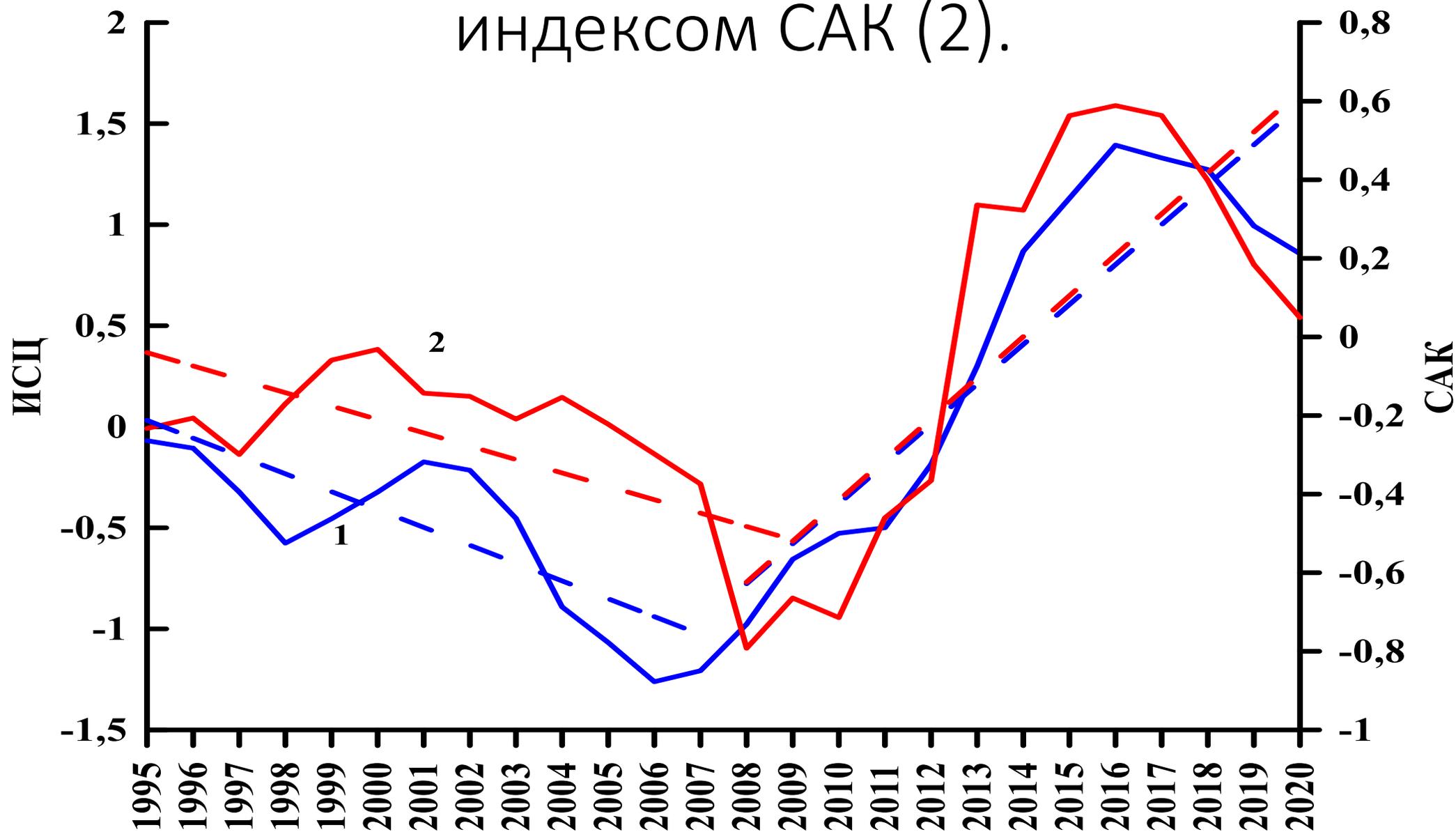
Индекс ИСЦ (North Atlantic Circulation index, NAC) – новый уровенный индекс, представляющий собой разность уровня между 26° и 56° с.ш. и косвенно характеризующий основную систему течений в Северной Атлантике.



Оценки коэффициентов корреляции индекса ИСЦ с основными климатическими индексами СА за период 1993—2022 гг.

	$ИСЦ_{\Delta h}$	$ИСЦ_{h_{ср}}$
САК	0,52	0,85
GSNW	0,46	0,68
$V_{\text{Бер}} \text{ЭАЗО}$	0,19	0,56
$V_{\text{Ньюфаунд}} \text{ЭАЗО}$	-0,15	0,47
$V_{\text{Лабр}} \text{ЭАЗО}$	0,61	0,19
$V_{\text{Норв}} \text{ЭАЗО}$	0,27	-0,27
АМО	0,12	0,09
АО	0,45	0,72
Расход ФТ	0,39	0,73
$ТПО_{\text{мл}}$	-0,28	-0,56
$ТПО_{\text{ми}}$	-0,39	-0,73
$ТПО_{\text{гк}}$	0,50	0,52
АМОС (с 2004)	-0,37	-0,26
$Q_{\text{УМО}}$ (с 2004)	0,57	0,68

Сопоставление стандартизированного индекса ИСЦ_{h_{ср}},
рассчитанного по средним значениям уровня h_{ср} (1), с
индексом САК (2).



Заключение

- Показано, что уровенный разрез на 56° с.ш. является репрезентативным в системе СЦКВ и тесно связан с процессами глубокой конвекции в северных широтах, как по данным градиентов уровня (Δh), характеризующих геострофическую составляющую течений, так и по средним значениям ($h_{\text{ср}}$).
- Значимые оценки коэффициентов корреляции с основными климатическими индексами, свидетельствуют о том, что колебания уровня являются показателем межгодовой изменчивости не только циркуляции вод, но и климата в Северной Атлантике.
- Показано, что в качестве характеристики циркуляции в системе циклонического и антициклонического круговоротов вод (СЦКВ и САКВ) может быть использован интегральный индекс Североатлантической циркуляции (ИСЦ, North Atlantic Circulation index), который представляет собой разность морского уровня на широтных разрезах 26° ($80^\circ - 15^\circ$ з.д.) и 56° ($57^\circ - 10^\circ$ з.д.).

Спасибо за внимание!