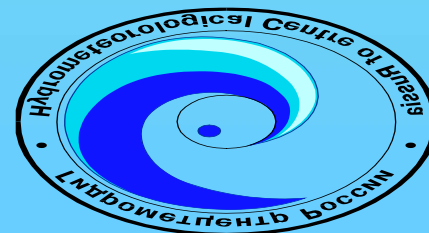


УСВОЕНИЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МОДЕЛЬЮ NEMO МЕТОДОМ АНСАМБЛЕВОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Степанов В.Н.

Ю.Д. Реснянский, Б.С. Струков, А.А. Зеленко

Гидрометцентр России
vlnt@hotmail.co.uk



Используемый в настоящее время метод усвоения океанографических данных в Гидрометцентре России

- Применение трехмерной вариационной схемы 3D-Var на 1° сетке обеспечивает существенное уточнение оценок состояния океана. Однако, данная СУОД для каждого модельного разрешения требует задания соответствующих пространственных ковариационных функций ошибок поля первого приближения, являющихся ключевым элементом 3D-Var
- Это существенно затрудняет переход, например, с одноградусного разрешения на более высокое пространственное разрешение
- Замена 3D-Var, используемого в СУОД, на ансамблевый подход является более предпочтительным, поскольку не требуется предварительного расчета выше упомянутых ковариационных функций

Новая версия СУОД

- модель NEMO в конфигурации ORCA1, сопряженной с моделью морского льда SI3
- усвоение данных осуществляется по циклической схеме «анализ–прогноз–анализ», в которой может усваиваться информация, на океанской поверхности и вертикальные распределения T и S воды
- используется локальный ансамблевый фильтр Калмана с преобразованием ансамбля (a Local Ensemble Transform Kalman Filter, LETKF) с горизонтальной локализацией (радиус влияния наблюдений для весовой функции задавался равным $3,5^\circ$) и размером ансамбля в 20 членов
- применен через программный продукт PDAF (Parallel Data Assimilation Framework)

Тестовые численные эксперименты

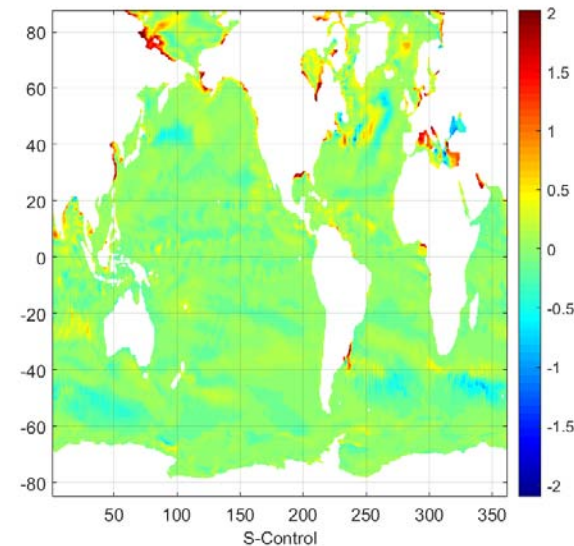
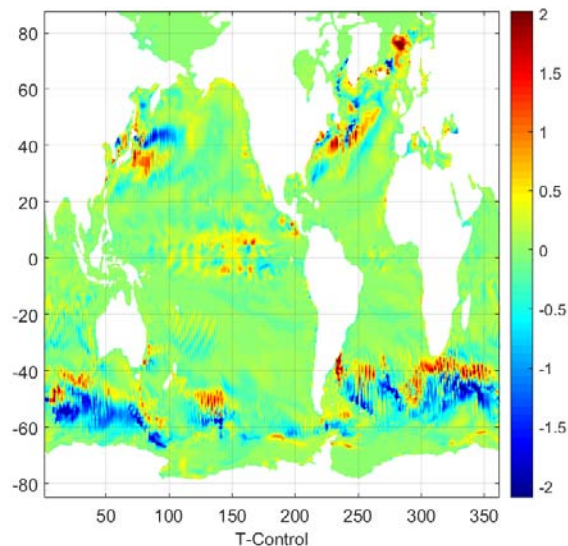
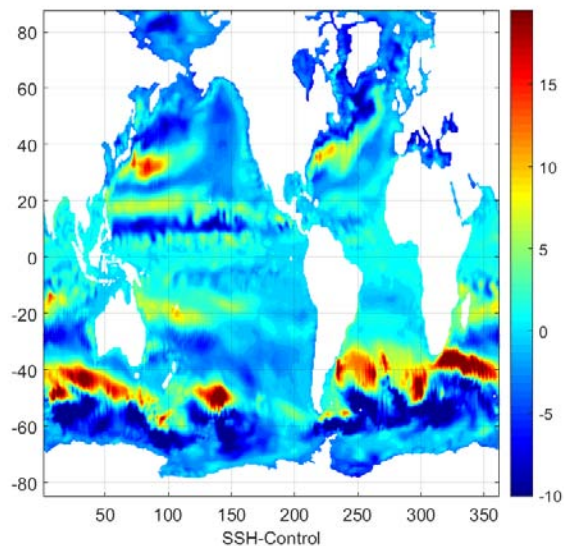
- Модельные данные, полученные с более высокими значениями коэффициентов горизонтальной турбулентной вязкости и диффузии (**эксперимент E2**), использовались для определения полей первого приближения в последующих экспериментах с усвоением данных, в то время как результаты расчетов с более низкими значениями этих коэффициентов (**эксперимент E1**) полагались представляющими истинное состояние, и часть этих результатов использовались как имитированные наблюдения.

Средние разности между E2 и E1

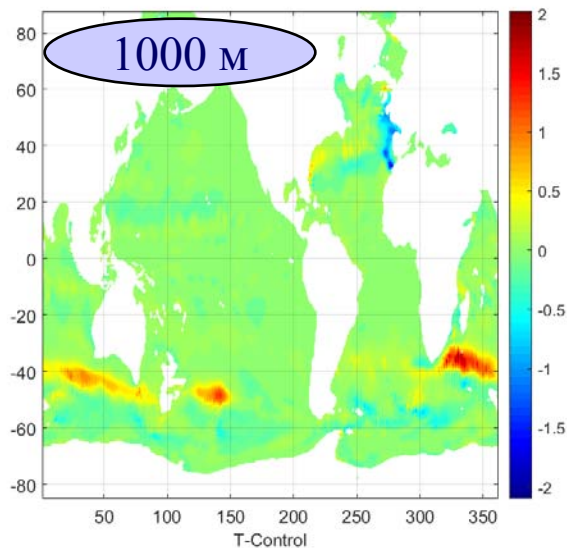
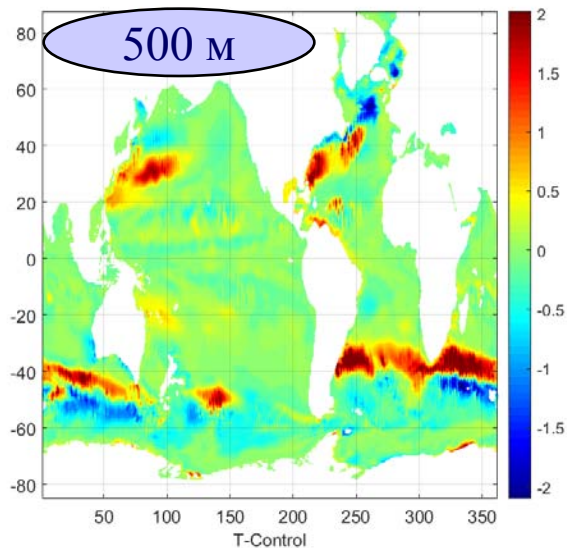
Уровенная поверхность, см

ТПО, °C

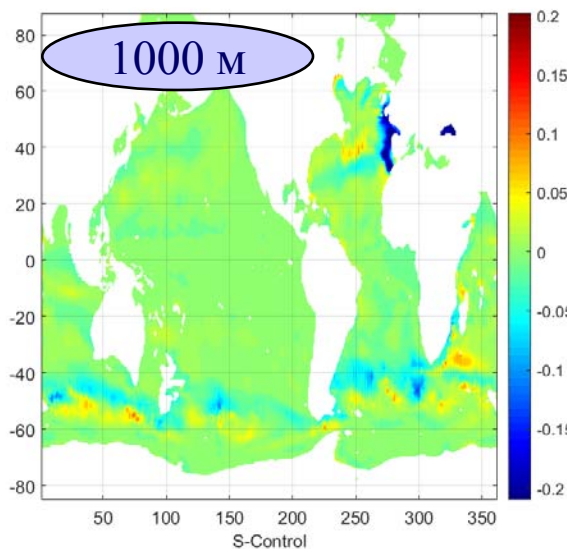
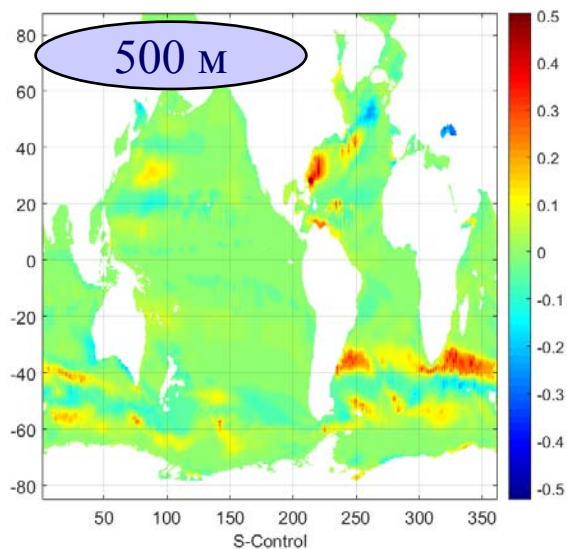
Соленость на поверхности, епс



Средние разности между E2 и E1



Температура воды, °C



Соленость воды, епс

Серия численных экспериментов

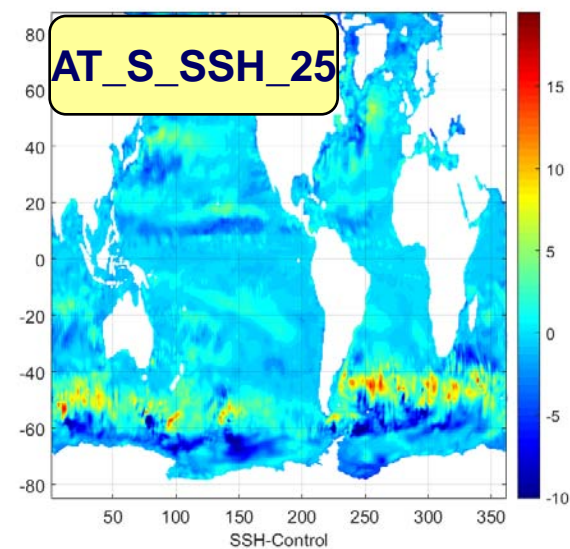
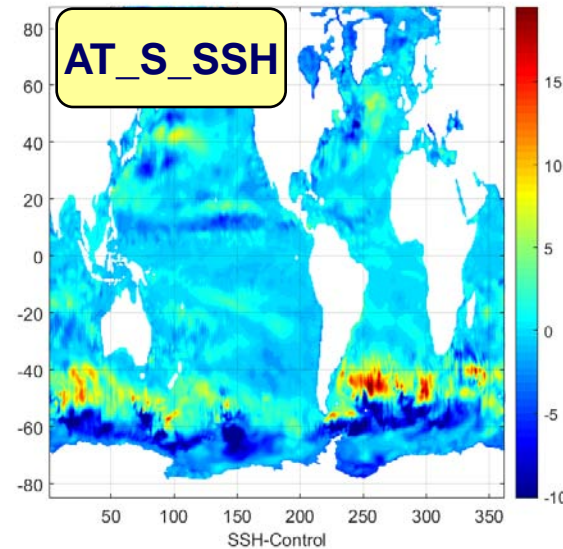
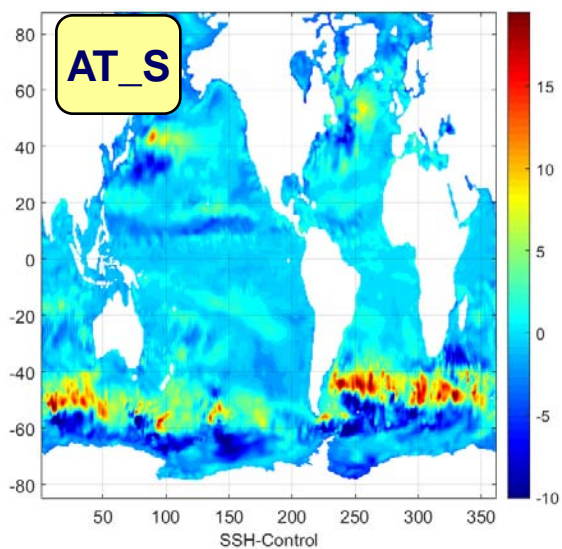
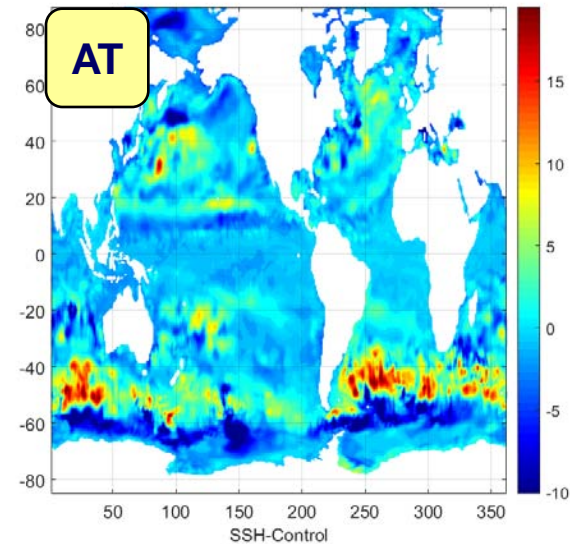
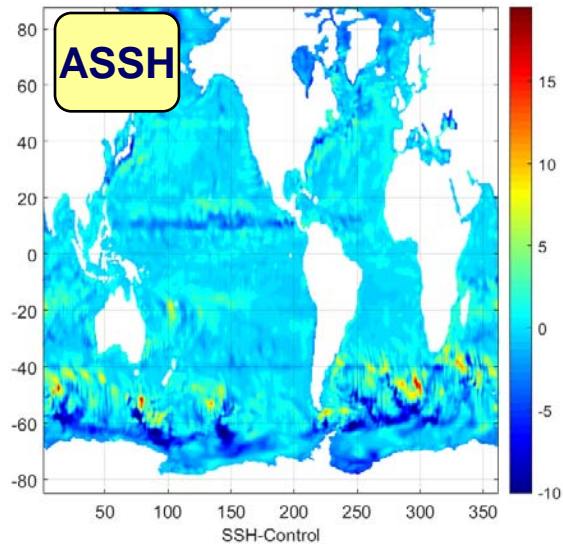
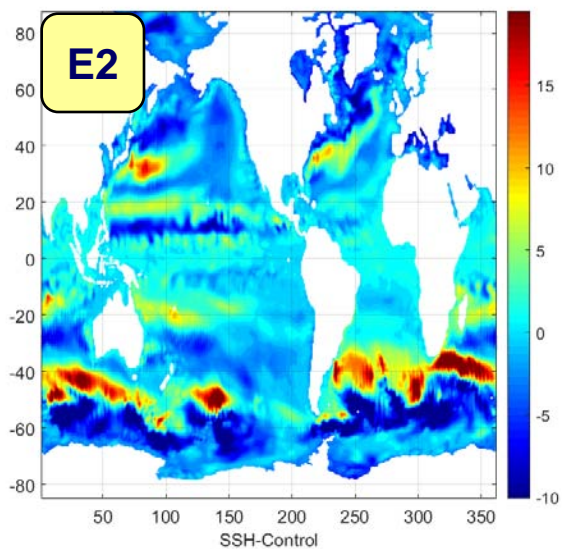
(1/1/1996-31/12/1996)

№	эксперимент	Описание экспериментов	СКО для SSH (см)	СКО для SST(°C)/SSS(eps)
1	E1	Контрольный эксперимент, имитирующий «истинное» модельное состояние океана	-	-
2	E2	Эксперимент без усвоения данных, выполненный с более высокими вязкостными и диффузионными параметрами чем E1, используемыми в экспериментах с усвоением различных данных	4,8	0,42/0,21
3	ASSH	Усвоение только уровенной поверхности.	2,0	0,43/0,23
4	AUV	Усвоение только поля скорости на поверхности океана.	4,7	0,43/0,23
5	ASUR	Совместное усвоение уровенной поверхности и температуры поверхности океана.	2,2	0,30/0,20
6	AT	Усвоение 3-х мерного поля температуры до глубины 2000м.	3,5	0,29/0,21
7	AT_S	Совместное усвоение 3-х мерных полей температуры и солености до глубины 2000м.	2,9	0,28/0,17
8	AT_S_SSH	Совместное усвоение уровенной поверхности с 3-х мерными полями температуры и солености до глубины 2000м; 20 членов ансамбля.	2,7	0,28/0,16
9	AT_S_SSH_25	Совместное усвоение уровенной поверхности с 3-х мерными полями температуры и солености до глубины 2000м; 25 членов ансамбля.	2,1	0,27/0,16

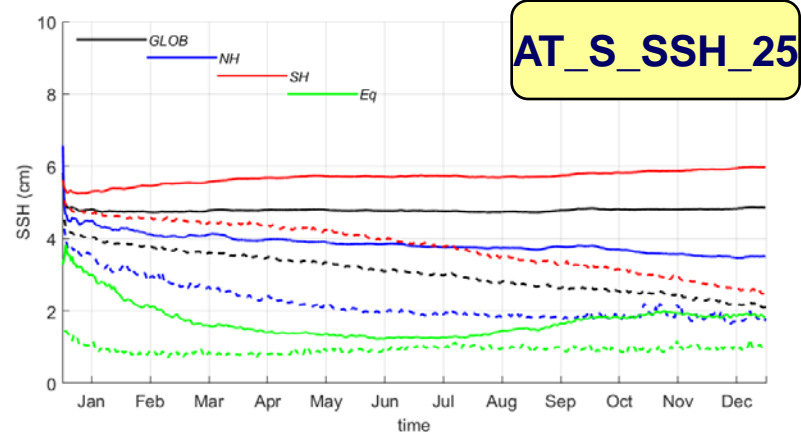
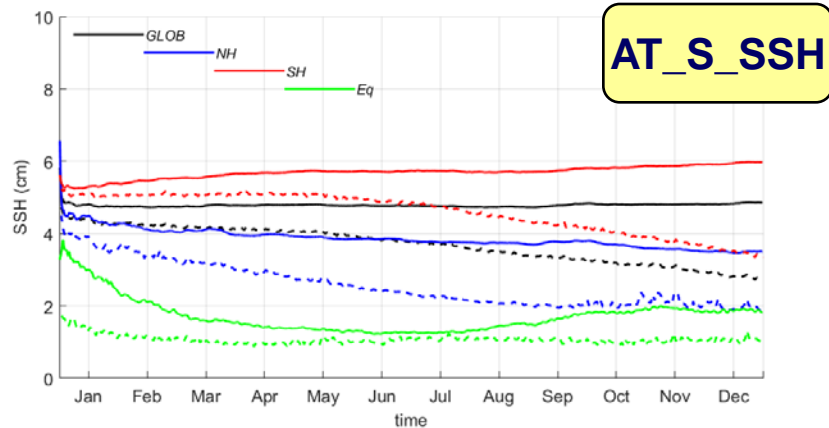
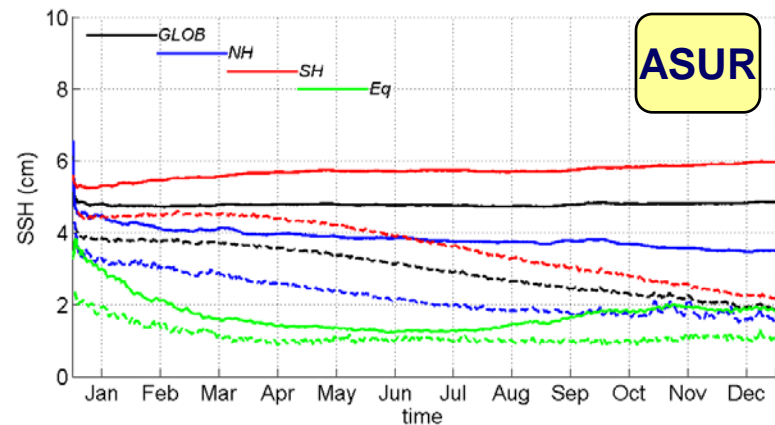
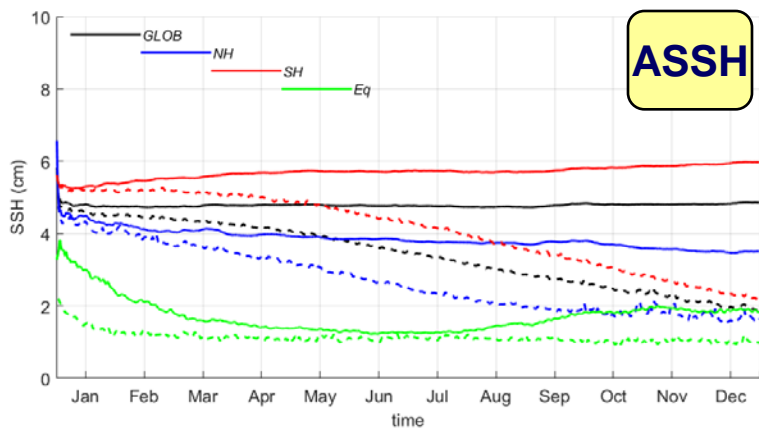
Численные эксперименты (1/1/1996-31/12/1996)

№	Эксперимент	СКО для T(°C)	СКО для S(εpc)
		z = 500; 1000м	z = 500; 1000м
1	E2	0,45; 0,18	0,054; 0,023
2	ASSH	0,40; 0,14	0,055; 0,022
3	AUV	0,45; 0,18	0,054; 0,023
4	ASUR	0,40; 0,14	0,060; 0,021
5	AT	0,22; 0,10	0,036; 0,018
6	AT_S	0,19; 0,09	0,033; 0,018
7	AT_S_SSH	0,24; 0,10	0,036; 0,018
8	AT_S_SSH_25	0,19; 0,08	0,030; 0,016

Отклонения от E1 (уровенная поверхность, см)



СКО отклонения от E1 (уровенная поверхность, см)



Сплошные линии – в эксперименте E2 без усвоения данных

Пунктирные линии – в экспериментах с усвоением различных типов данных
ASSH, ASUR, AT_S_SSH, AT_S_SSH_25

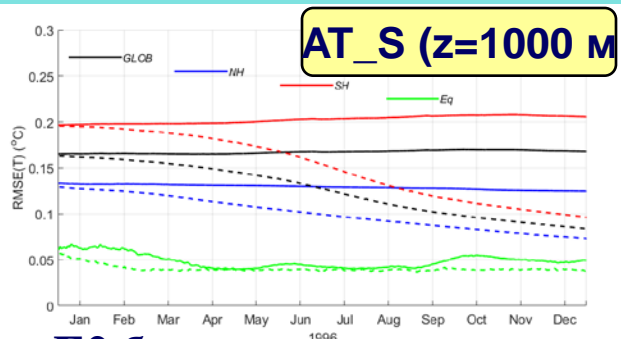
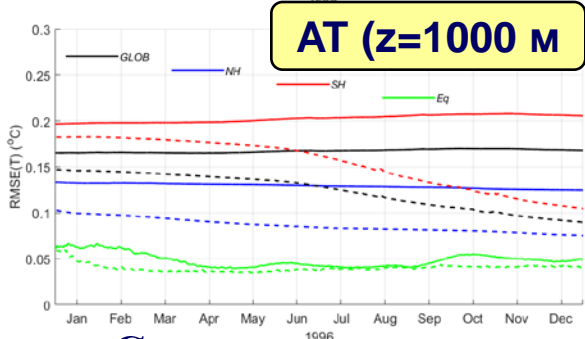
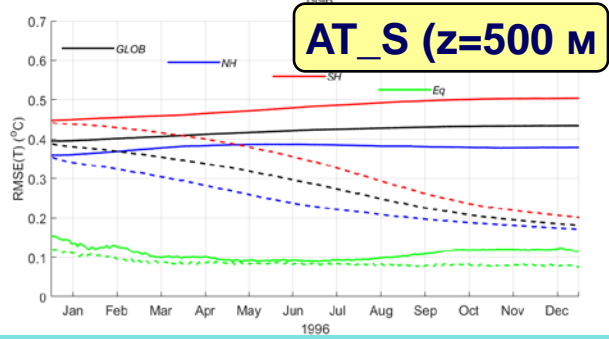
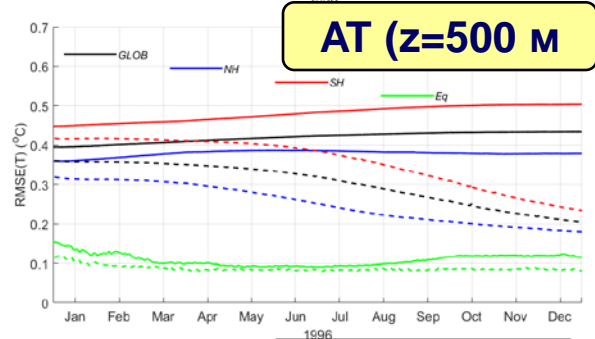
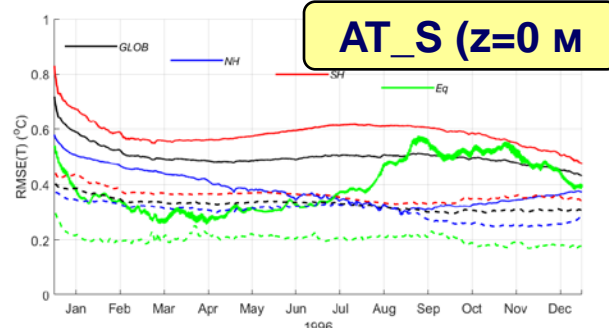
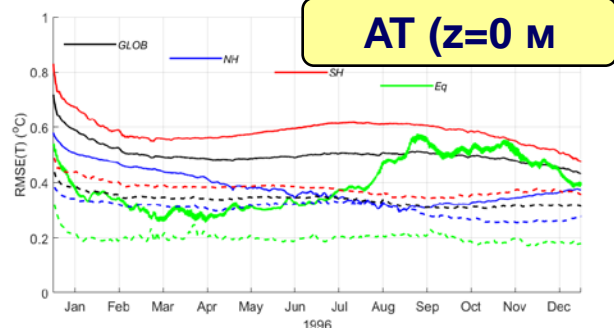
Черные – глобальное осреднение

Красные – осреднение по Южному полушарию (южнее 5° ю.ш.)

Синие -- осреднение по Северному полушарию (севернее 5° с.ш.)

Зеленые – осреднение по экваториальному поясу (5° ю.ш. -- 5° с.ш.)

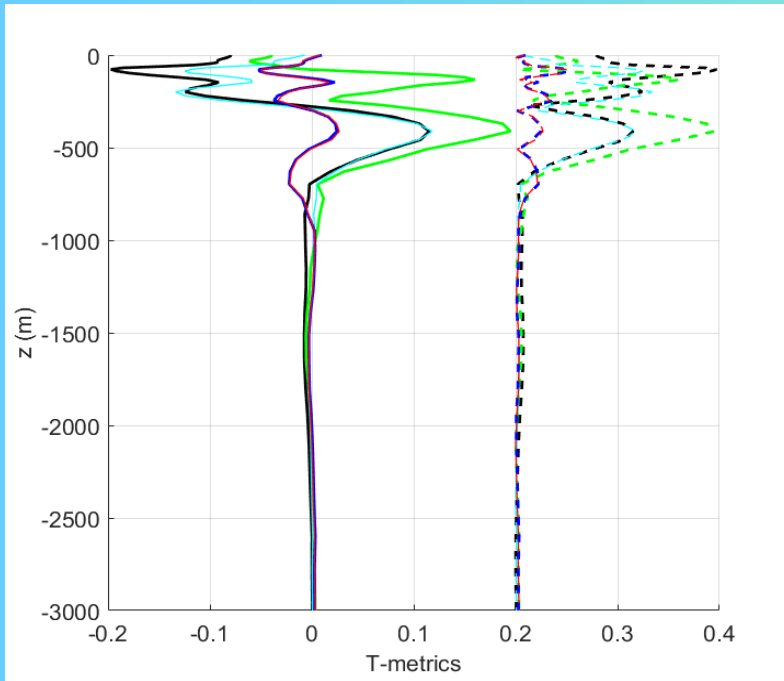
СКО отклонения от Е1 (Температура на трех глубинах, °C)



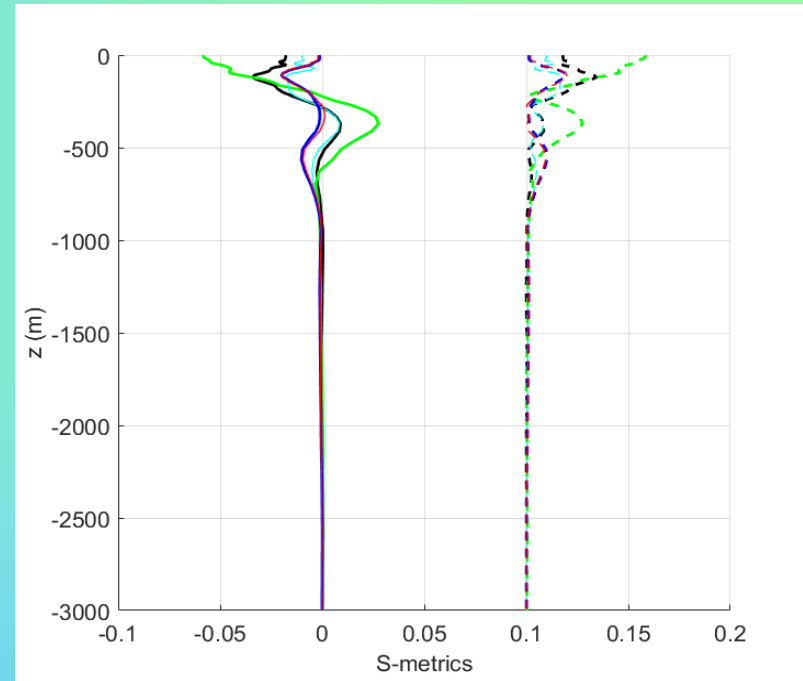
Сплошные линии – в эксперименте E2 без усвоения данных
Пунктирные линии – в экспериментах с усвоением данных AT и AT_S
Черные – глобальное осреднение
Красные – осреднение по Южному полушарию (южнее 5° ю.ш.)
Синие -- осреднение по Северному полушарию (севернее 5° с.ш.)
Зеленые – осреднение по экваториальному поясу (5° ю.ш. -- 5° с.ш.)

Вертикальные распределения разностей между различными экспериментами

Температура воды, °C



Соленость воды, епс



Сплошные линии – средние разности

Пунктирные – среднеквадратичные разности, смещенные по оси x вправо на 0,2 °C для температуры и 0,1 епс для солености

Черные линии – между экспериментами E2 и E1

Зеленые – между ASSH и E1

Голубые – между ASUR и E1

Синие – между AT_S и E1

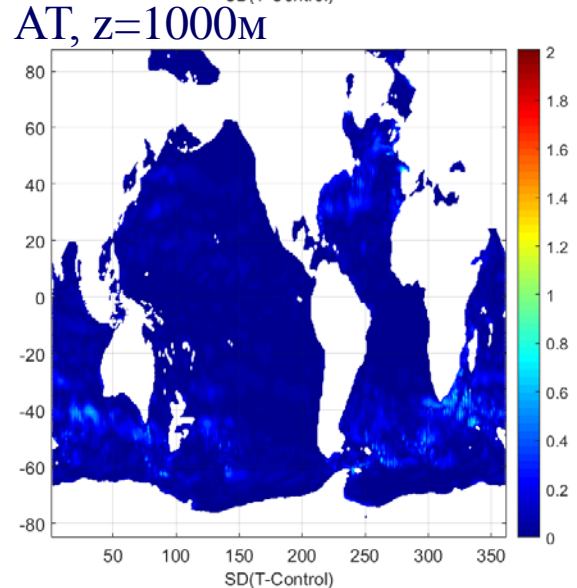
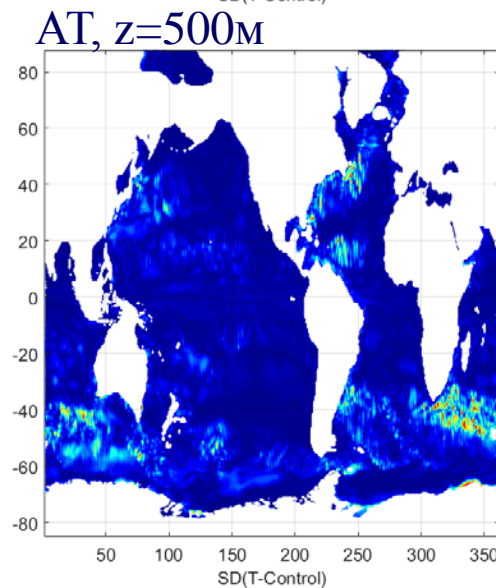
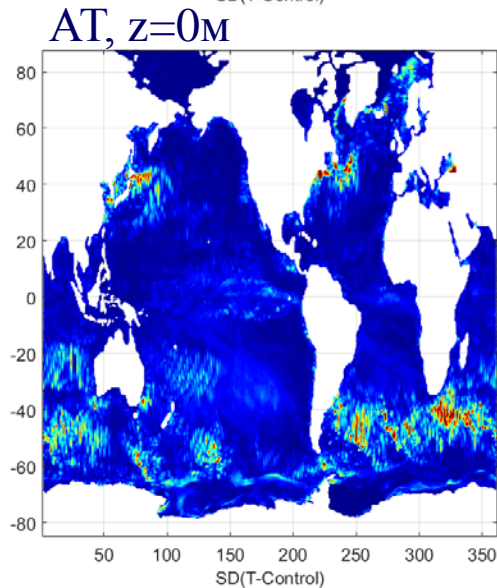
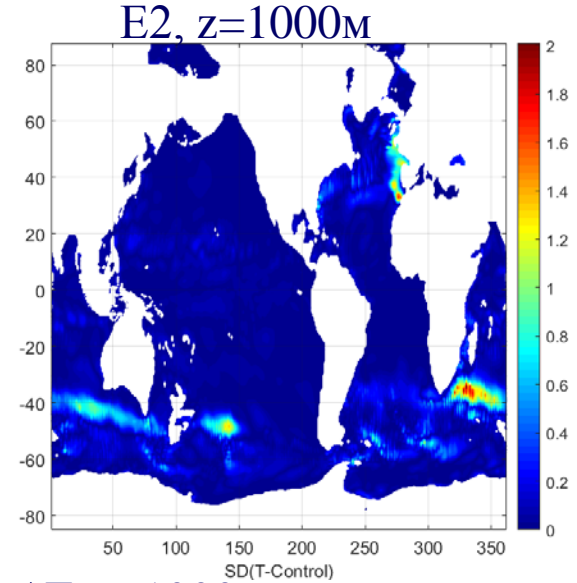
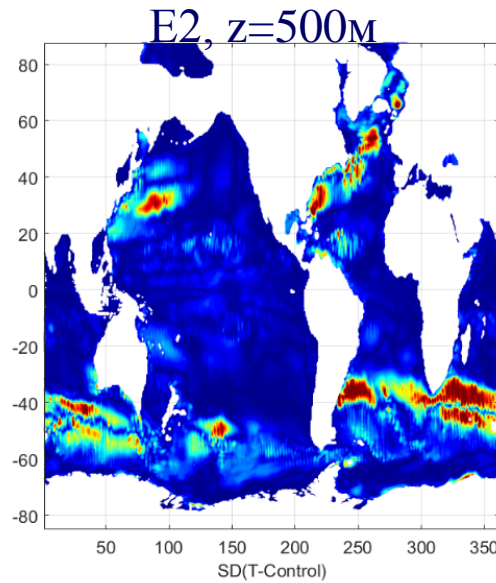
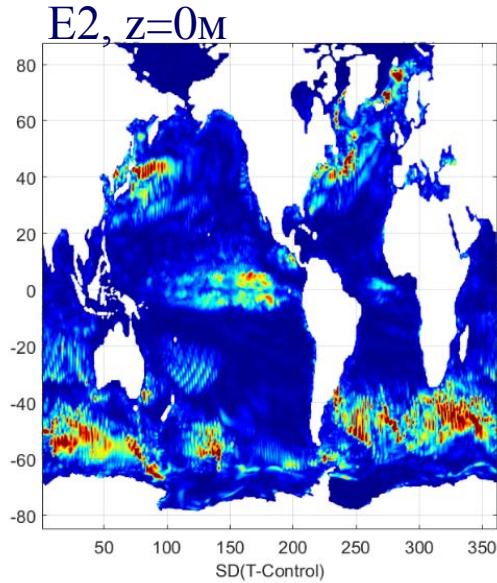
Красные – между AT_S_SSH и E1

Заключение и выводы

- **Степень уточнения модельных полей в ходе усвоения данных существенно зависит от состава данных, подаваемых на вход процедуры усвоения**
- **Усвоение поверхностных данных значительно уточняет эти модельные поля, за исключением случая, когда усваиваются только горизонтальные компоненты скорости поверхностных течений**
- **Совместное усвоение трехмерных полей температуры и солености воды существенно улучшает как эти модельные поля, так и расчетное поле уровня поверхности. Усвоение в течение 12 месяцев уменьшает глобально осредненное СКО среднемесячной ζ на $\sim 40\%$ (и на $\sim 60\%$ для случая, когда дополнительно усваивается ζ). На поверхности океана глобально осредненные СКО температуры/солености уменьшились на $\sim 35/\sim 20\%$, а на горизонтах 500 и 1000 м эти СКО уменьшились на $\sim 60/\sim 40\%$ и $\sim 50/\sim 20\%$ соответственно**

**Спасибо за
внимание**

СКО температуры (°C) от “истинных” значений, осредненные за декабрь 1996г.



СКО солёности (епс) от “истинных” значений, осредненные за декабрь 1996г.

