



Оценки переноса Антарктических донных вод по модели MPI-ESM с усвоением данных наблюдений

Е.Г. Морозов², Н.П. Тучкова¹, К.П. Беляев^{1,2}, Г.М. Михайлов¹

¹Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Аннотация

- В работе проводятся оценки меридионального потока массы, рассчитанные по совместной модели «океан-земля-атмосфера» института им. М.Планка с применением методов усвоения данных наблюдений.
- В качестве наблюдаемых данных использовались разрезы вдоль Атлантики за 1991-1995 гг из архивов Института Океанологии им. П.П.Ширшова РАН по температуре и солёности. Имеющиеся разрезы содержат около 650 станций, в которых содержится от 100 до 3000 измерений от поверхности до дна.
- В процессе работы проводились оценки скоростей течений как чисто модельные, так и с усвоением этих данных наблюдений. В качестве метода усвоения использовался обобщенный метод Калмана (GKF), описание которого содержится работах авторов.

Модельные эксперименты

- В работе были усвоены 5 разрезов профилей температуры и солёности от поверхности (0-6 м) до дна (до 5720 м), всего около 650 станций, выполненных судами Института Океанологии им. П.П.Ширшова РАН под руководством проф. Морозова Е.Г. Схемы разрезов показаны на рис.1.

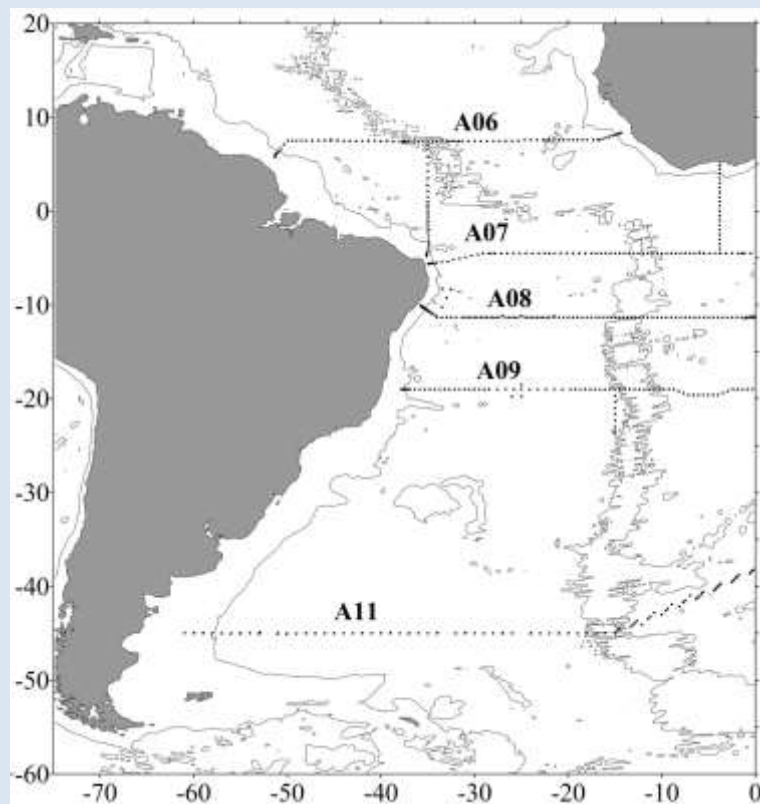
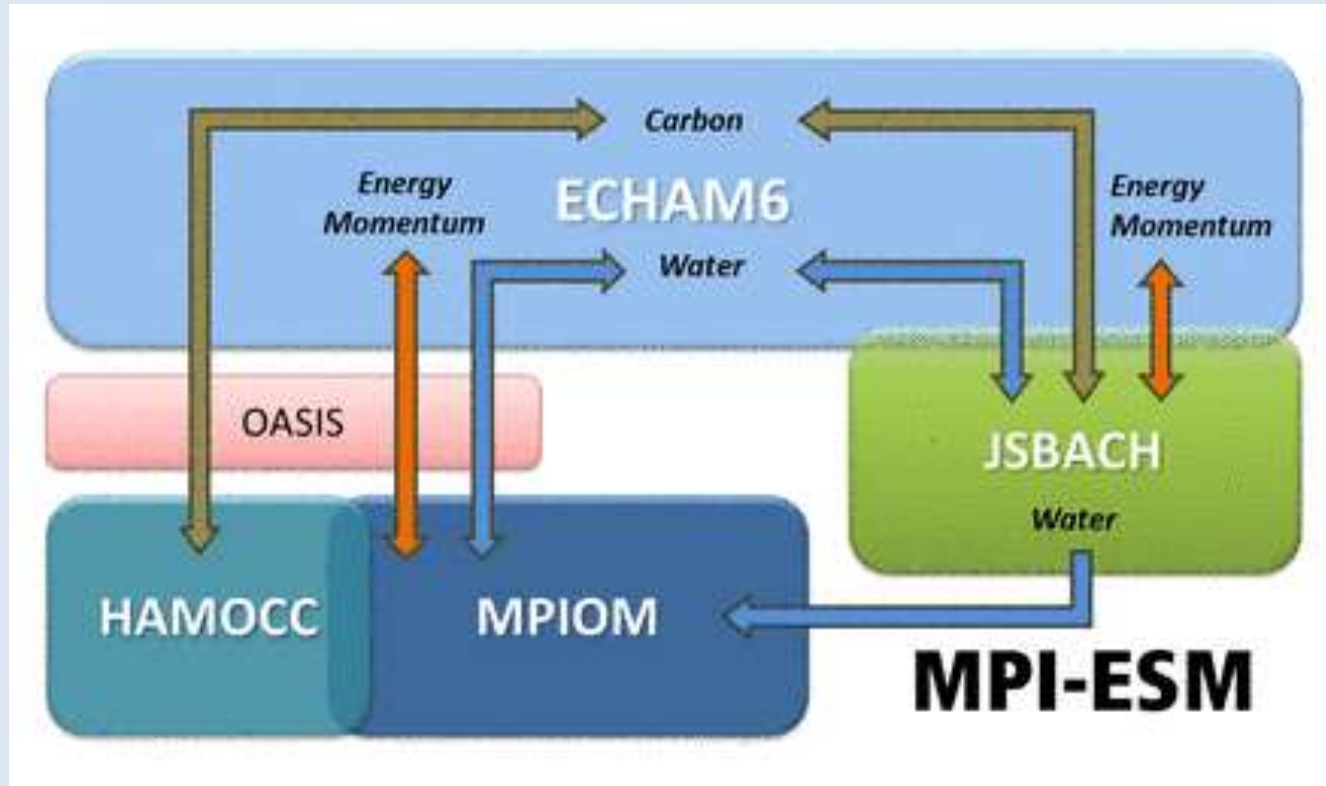


Рис 1. Схема разрезов A06, A07, A08, A09, A11 эксперимента WOCE в юго-западной Атлантике. Показаны изобаты 3500 м.

Модель MPI-ESM



Основные блоки модели и их взаимосвязь показанные на рисунке:

- блок ECHAM6-модель динамики атмосферы,
- блок MPIOM-модель динамики океана, включающей динамику льда,
- блок OASIS- специальный интерфейс обмена океан-земля-атмосфера,
- блок HAMOC-газообмен, включающий динамику карбонных соединений
- блок JSBACH, включающего стоки крупнейших рек планеты.

Общая схема усвоения

- 1. Вариационные схемы
- 2. Динамико-стохастические схемы.

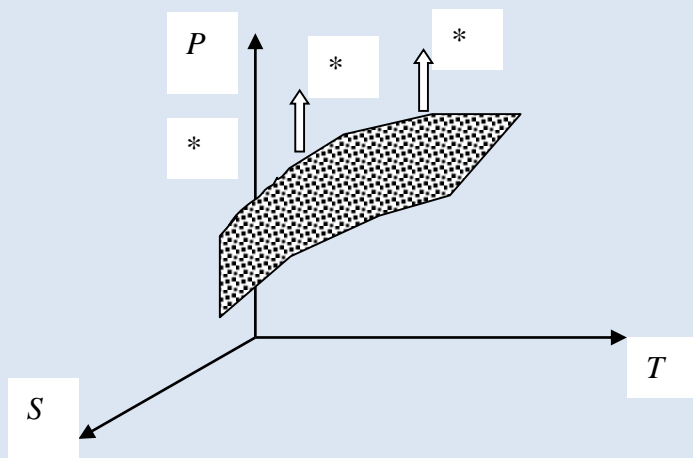


Схема усвоения данных

$$X_a = X_b + K(Y - NX_b) \quad (1)$$

X_a - параметр модели после усвоения - **определяем**

X_b - параметр модели до усвоения

K - весовая матрица (Kalman gain) **неизвестна**,
выбирается методами (EnOI) обобщённой ансамблевой
интерполяции, (MVOI) оптимальной интерполяцией

Y - вектор наблюдений

N - матрица проекций пространства модели в
пространство наблюдений

Формулы для параметров
усвоения

$$X_a, X_b$$

$$X_a = X_b + K(Y - HX_b)$$

$$K = \sigma^{-1}(\Lambda - C)(H\Lambda)^T Q^{-1}$$

$$\sigma = (H\Lambda)^T Q^{-1} (H\Lambda)$$

Численные эксперименты

- В предыдущих исследованиях *, было установлено, что для авторского гибридного метода усвоения достаточно массива порядка 50 значений по каждой характеристике океана (температура, соленость, горизонтальные и вертикальные скорости, уровень океана и др.). Полученный расчет поля сравнивался с аналогичным расчетом, но без усвоения, контрольным расчетом.
- Были проведены расчеты для высокого разрешения (0.4 град)
- В работе сделан акцент на климатические изменения процессов в океане. Глубоководных станций мало, каждая из них представляет большой интерес, и важно оценить, как конкретные данные наблюдений влияют на долгопериодную изменчивость динамических величин в океане. Следует отметить, что глубоководные эксперименты Институтом океанологии в южной части Атлантики после 1995 г не проводились, поэтому важно использовать имеющийся уникальный материал.
- Известно, что регионы экспериментов, где отбирались пробы воды для сбора наблюдений, отличаются особым влиянием на климат планеты.

*Кауркин М.Н., Ибраев Р.А., Беляев К.П. Усвоение данных АРГО в модель динамики океана с высоким разрешением по методу ансамблевой оптимальной интерполяцией (EnOI) // Метеорология и Гидрология, 2016, № 7. С. 46-56.

Результаты сравнения полей температуры на различных уровнях (горизонты : 6 м и 2080 м).

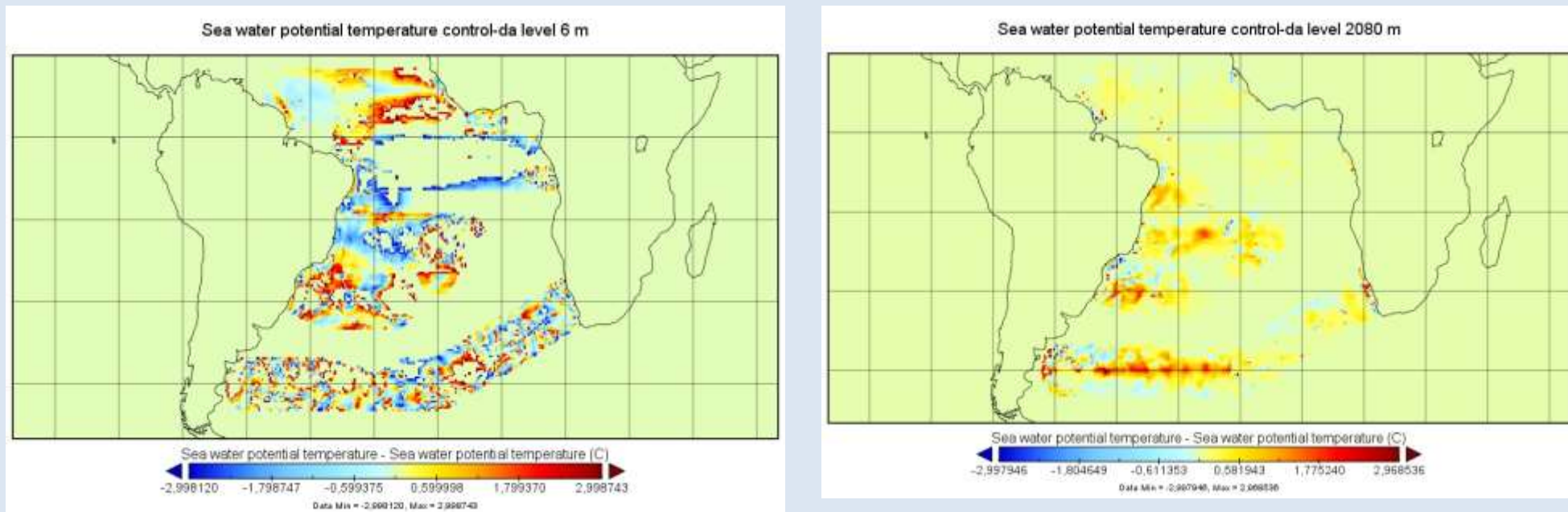


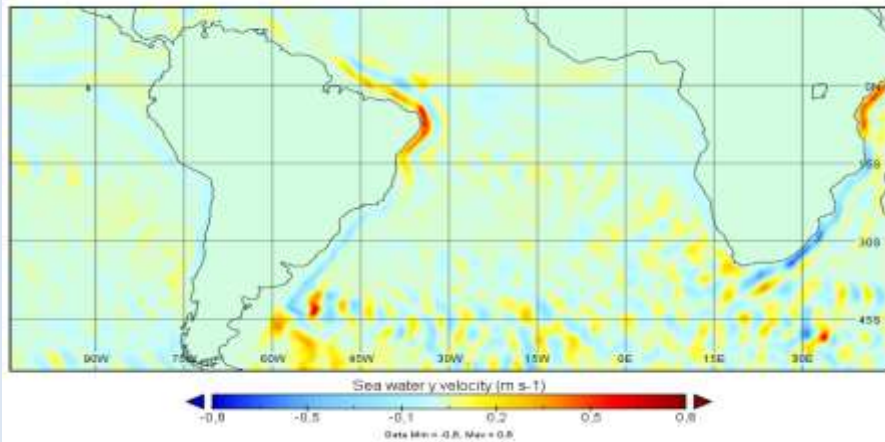
Рис. 2. Разница полей потенциальной температуры контрольного значения и усвоенных данных на глубине: а) 6 м; б) 2080 м

Хорошо видно, что, несмотря на то, что сам разрез имеет стандартную форму линии, эта разница имеет заметно выраженный анизотропный характер и показывает сложное взаимодействие полей различных характеристик при усвоении данных.

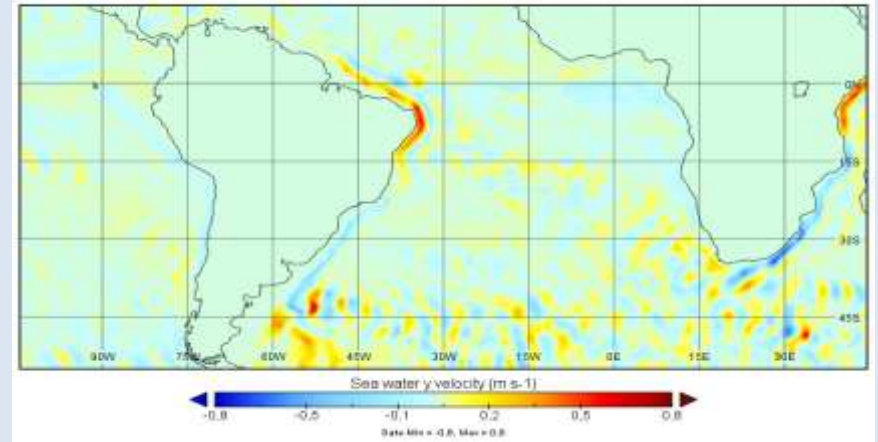
На больших глубинах данных наблюдений в экспериментах было значительно меньше, что видно из разницы наблюдаемых и модельных характеристик.

Сравнение экспериментов

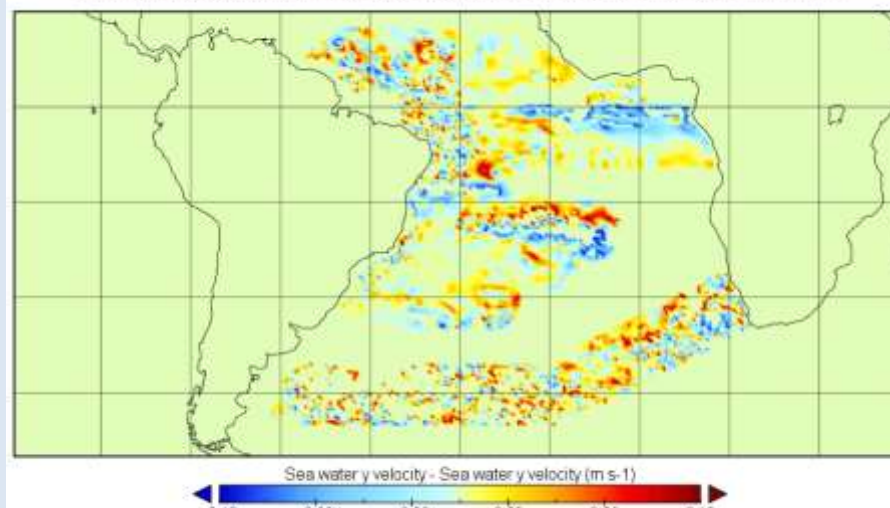
Модельное значение меридиональной компоненты скорости течений на уровне 150 м



Значение меридиональной компоненты скорости течений после усвоения на уровне 150 м

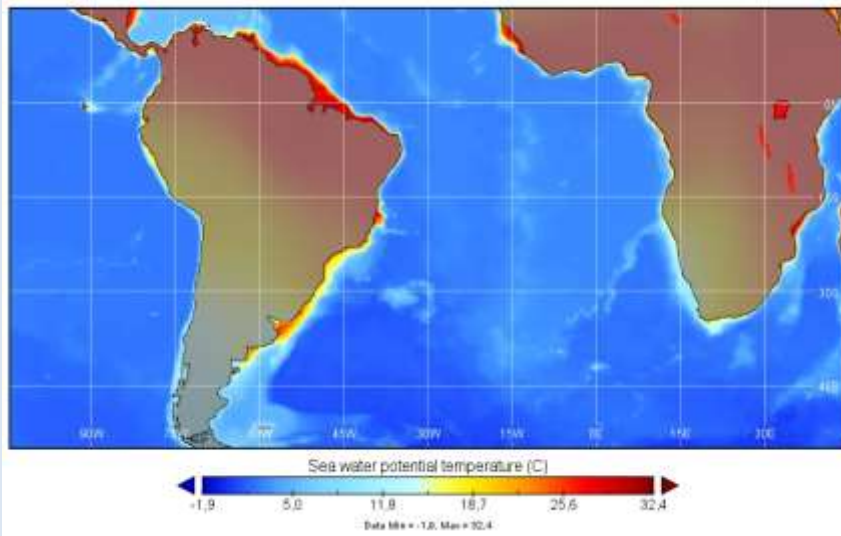


Разница меридиональной компоненты скорости после и до усвоения на уровне 150 м

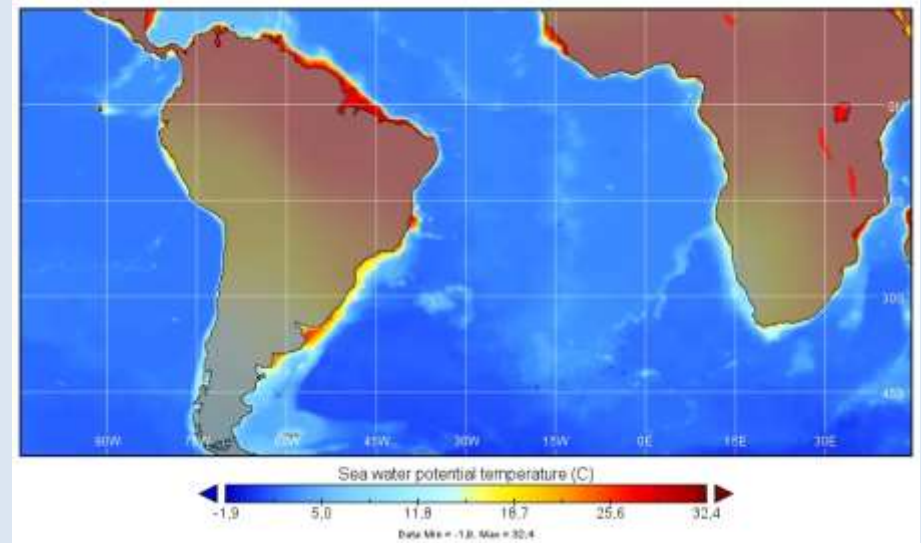


Результаты сравнения до и после усвоения

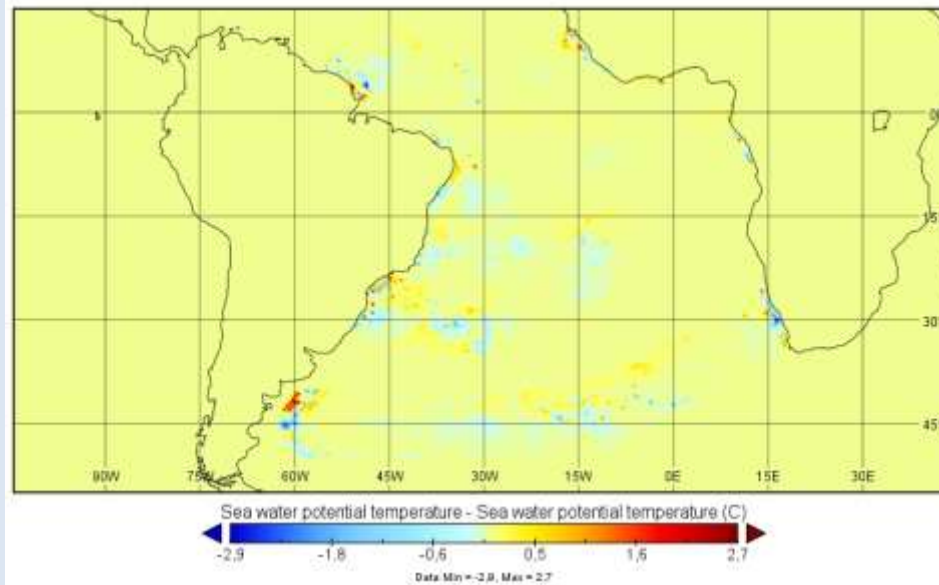
Модельное поле потенциальной температуры на уровне 3770 м



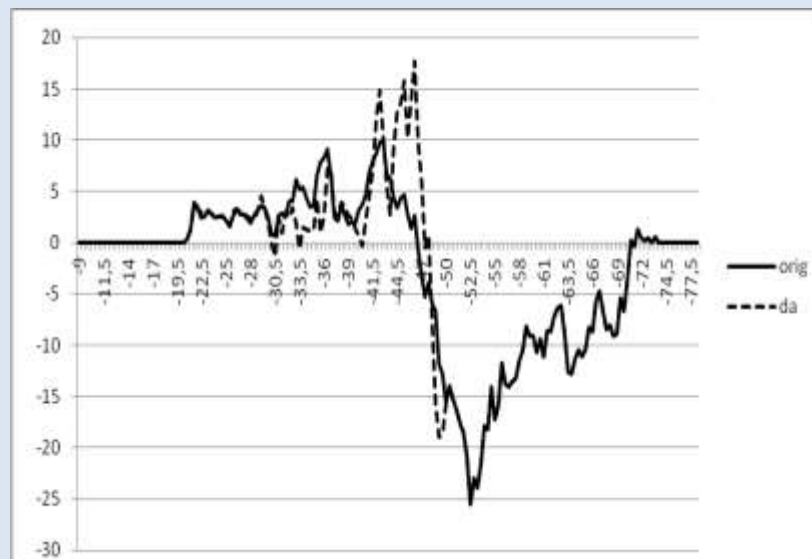
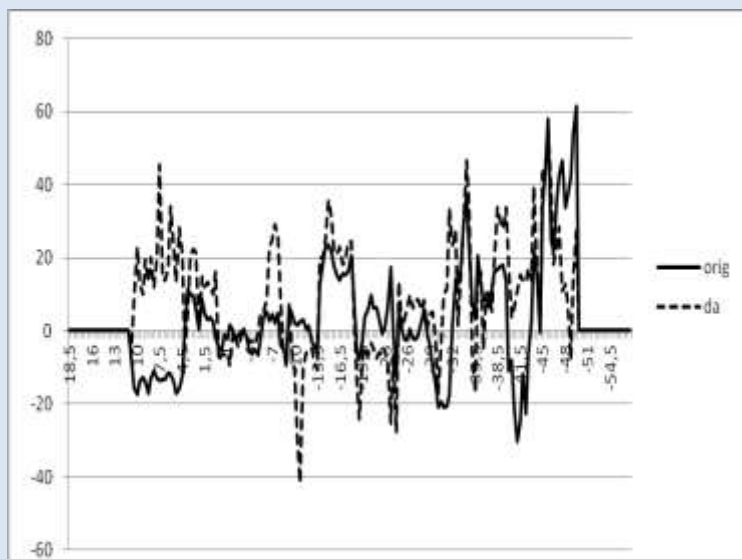
Поле потенциальной температуры после усвоения на уровне 3770 м



Разница значений потенциальной температуры после и до усвоения на уровне 3770 м

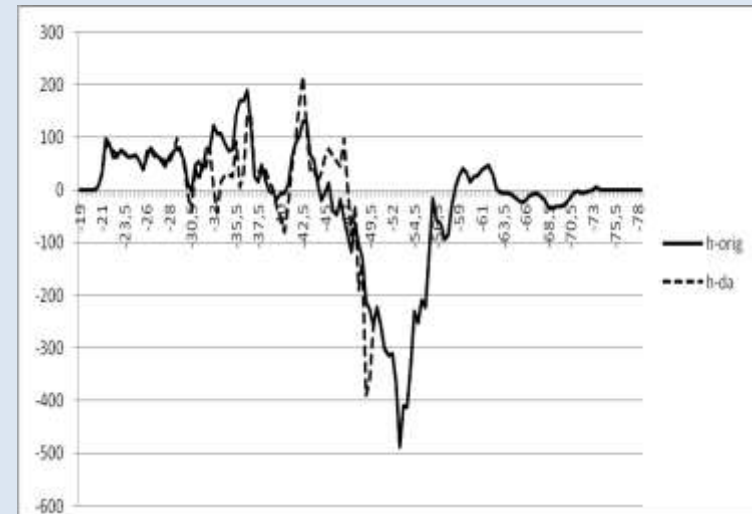
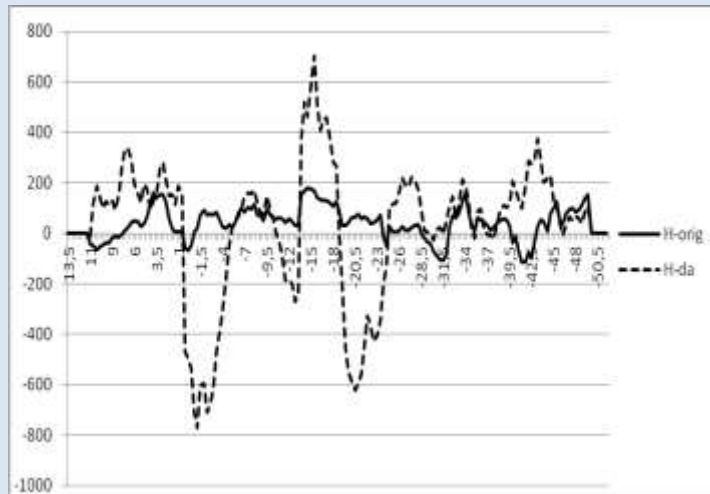


Перенос массы в южной Атлантике (слева интегральный, справа только для донных вод)

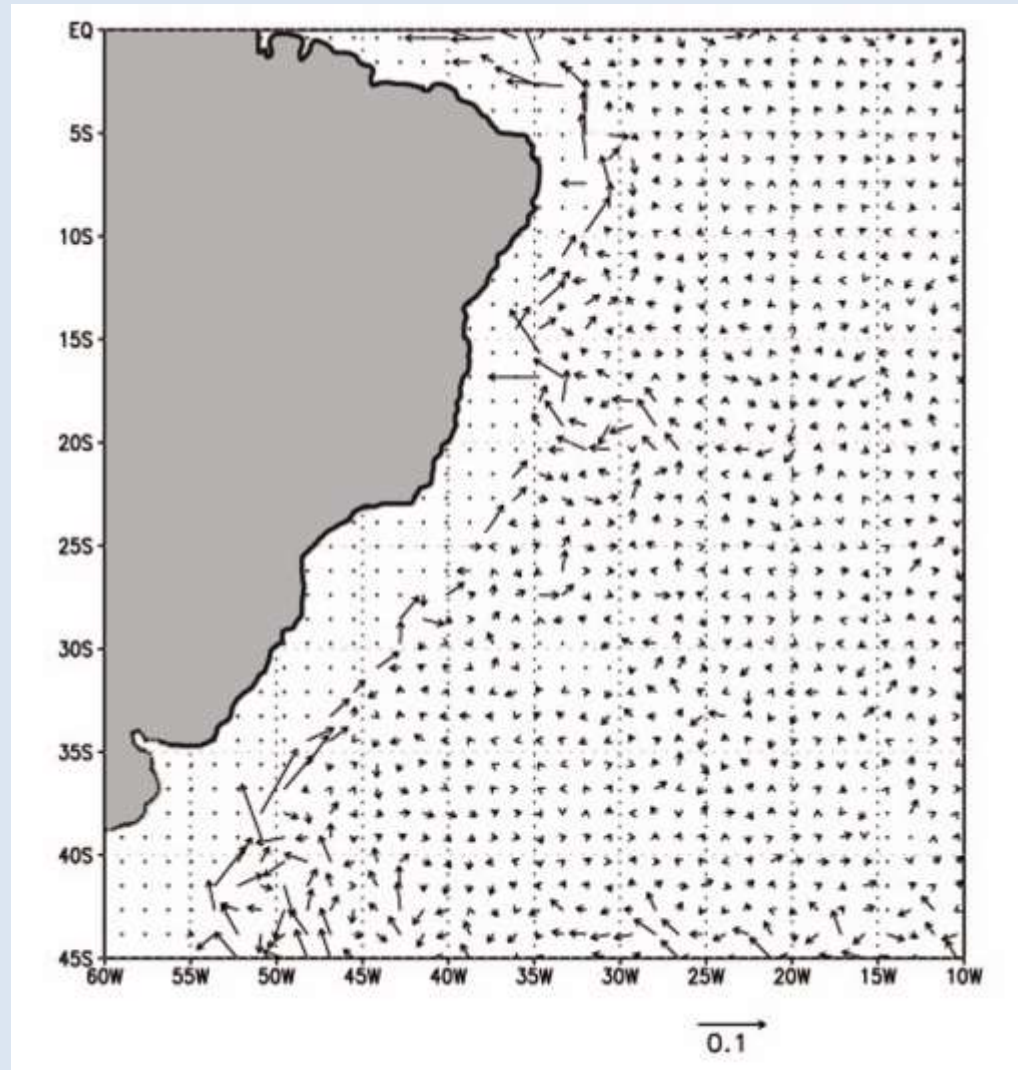


Сравнение экспериментов. Перенос тепла.

Слева-интегральный, справа ААДВ



Характеристики течения Антарктических Донных Вод (ААДВ) на глубине 3700м.



Результаты работы и выводы

- Проведенные численные эксперименты позволяют сделать вывод, что модельные климатические поля после усвоения данных наблюдений соответствуют природным тенденциям.
- Проанализирована физическая и математическая состоятельность применяемого в работе метода, а также его практическая реализуемость в сравнении с другими аналогичными методами.
- Показано, что применение методов усвоения существенно корректирует количественно и качественно характеристики модельных физических полей. Это замечено не только для непосредственно наблюдаемых и используемых в процессе усвоения величин, но и для косвенных оценок, таких как перенос тепла и массы. Полученные поправки могут быть весьма значимыми и достигать 70-80% от модельных расчетов без усвоения.
- Краткосрочные прогнозы в данном контексте не строились, а изучалась исключительно климатическая (долгопериодная) изменчивость. Оценки точности для краткосрочных прогнозов в Южной Атлантике дать невозможно, так как отсутствуют синоптические данные в глубинных слоях для этого региона.
- Дальнейшие исследования будут направлены на использование скорректированных данных в модельных расчетах.

Благодарим за внимание!