



Анализ изменчивости Мирового океана на основе расчетов по Арго-модели исследования глобального океана (АМИГО)

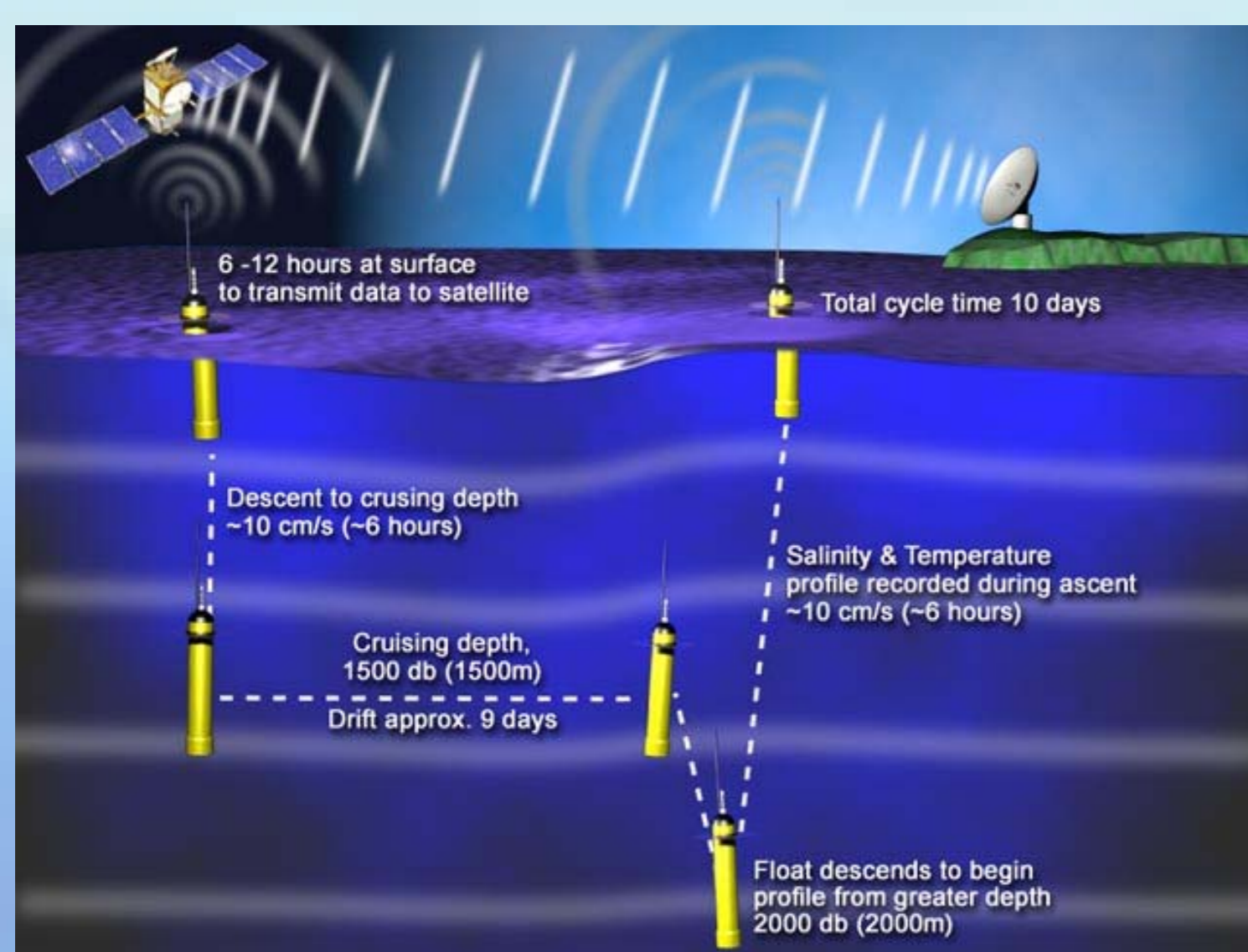
<http://argo.ocean.ru/>

К.В. Лебедев

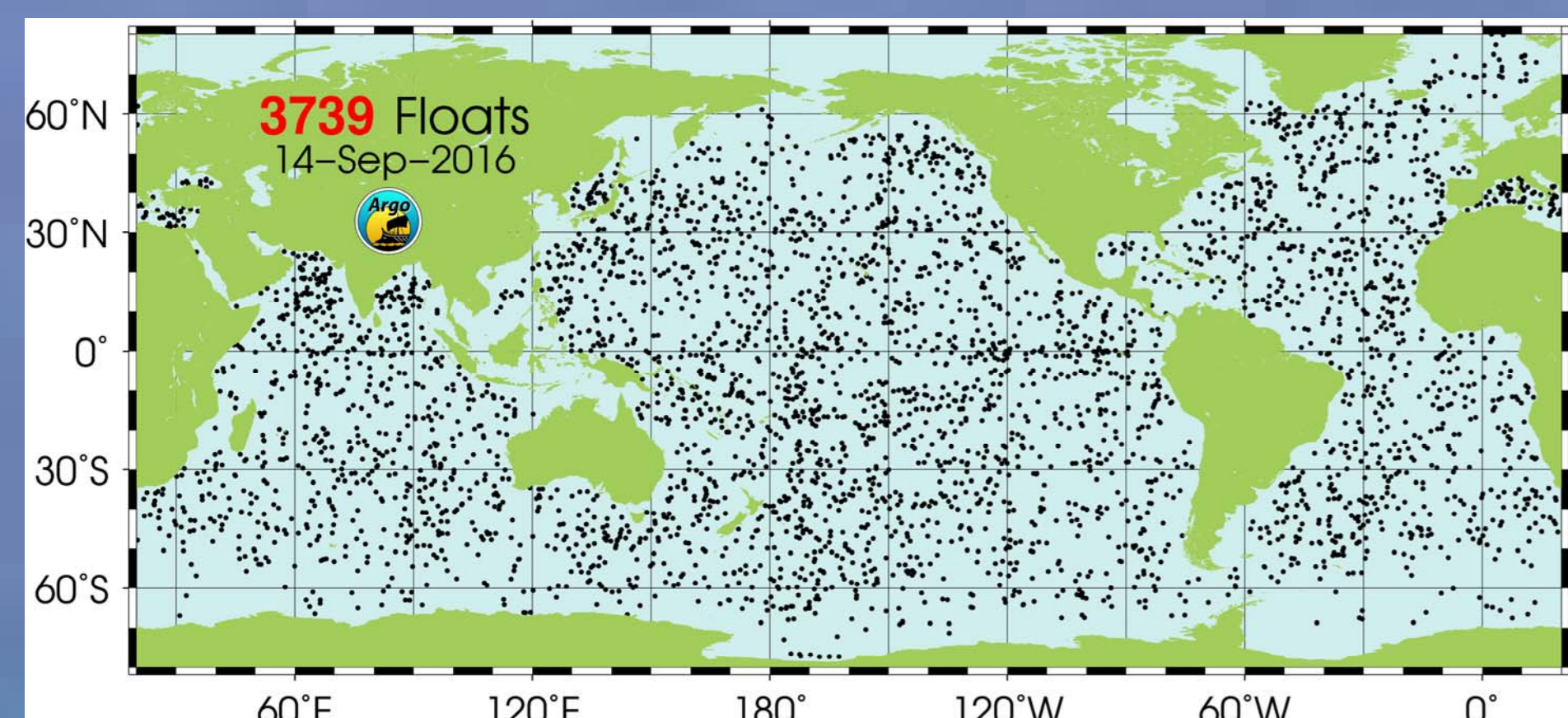
Email: KLEBEDEV@ocean.ru

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Арго-модель исследования глобального океана (АМИГО) состоит из блока вариационной интерполяции на регулярную сетку данных профилирования дрейфующих измерителей Argo и блока модельной гидродинамической адаптации вариационно проинтерполированных полей. Такая методика позволяет получать по нерегулярно расположенным данным измерений Argo полный набор океанографических характеристик: температуру, соленость, плотность и скорость течений. Выполненные расчеты представлены ежемесячными, сезонными, годовыми и среднеклиматическими полями. Созданная по результатам проведенных модельных расчетов в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН база океанографических данных АМИГО (<http://argo.ocean.ru/>, Лебедев, 2016) охватывает период с 2005 по 2015 год.



Целью проекта ARGO является создание и поддержание постоянно действующей глобальной сети океанографических станций на основе дрейфующих буев-измерителей. Работа измерителей происходит по следующей схеме. Буй дрейфует около 10 суток на заданной глубине, затем опускается на горизонт 2000 м и всплывает на поверхность, измеряя температуру (Т) и соленость (S). В течение 6-12 часов прибор находится на поверхности, данные передаются на несколько спутников, которые определяют точное местоположение прибора. После этого буй опускается на глубину дрейфа, и цикл повторяется. Энергии батарей хватает на 3-4 года работы. Кроме измерений температуры и солености такие дрейфующие буи позволяют также получать данные о течениях на глубине дрейфа и поверхности.



С 2005 г. измерения с помощью поплавков Argo стали вести на большей части акватории Мирового океана. Заявленного при разработке программы Argo уровня покрытия в 3000 одновременно работающих поплавков (в среднем 1 поплавок на трехградусный "квадрат") программа достигла в ноябре 2007 г. Сейчас около 4000 измерителей Argo осуществляют автономное зондирование верхней двухкилометровой толщи океана от Антарктики до Шпицбергена с 10 дневным интервалом. Вследствие этого база данных по температуре и солености Мирового океана ежемесячно увеличивается на 12 тыс. полноценных профилей. К этому следует добавить 12 тыс. лагранжевых траекторий, позволяющих оценивать скорости перемещения поплавков во время нахождения на поверхности и на глубине дрейфа, составляющей, как правило, 1000 м. Постоянно пополняющиеся массивы измерений позволяют решать задачи реконструкции и мониторинга состояния океана в режиме, близком к реальному времени, и исследовать особенности океанской динамики и ее изменчивости. Количество профилей, накопленных в рамках программы Argo за период с 2001 по 2015 г., превысило 1 млн.

(1) На первом этапе выполняется вариационная интерполяция на регулярную одноградусную сетку полей температуры и солености по данным профилей Argo. Принцип вариационной интерполяции состоит в минимизации отклонений между проинтерполированными на регулярную сетку полями и данными нерегулярно расположенных измерений. Минимизация проводится таким образом, чтобы полученное оптимальное решение проходило максимально близко к данным натуральных измерений.

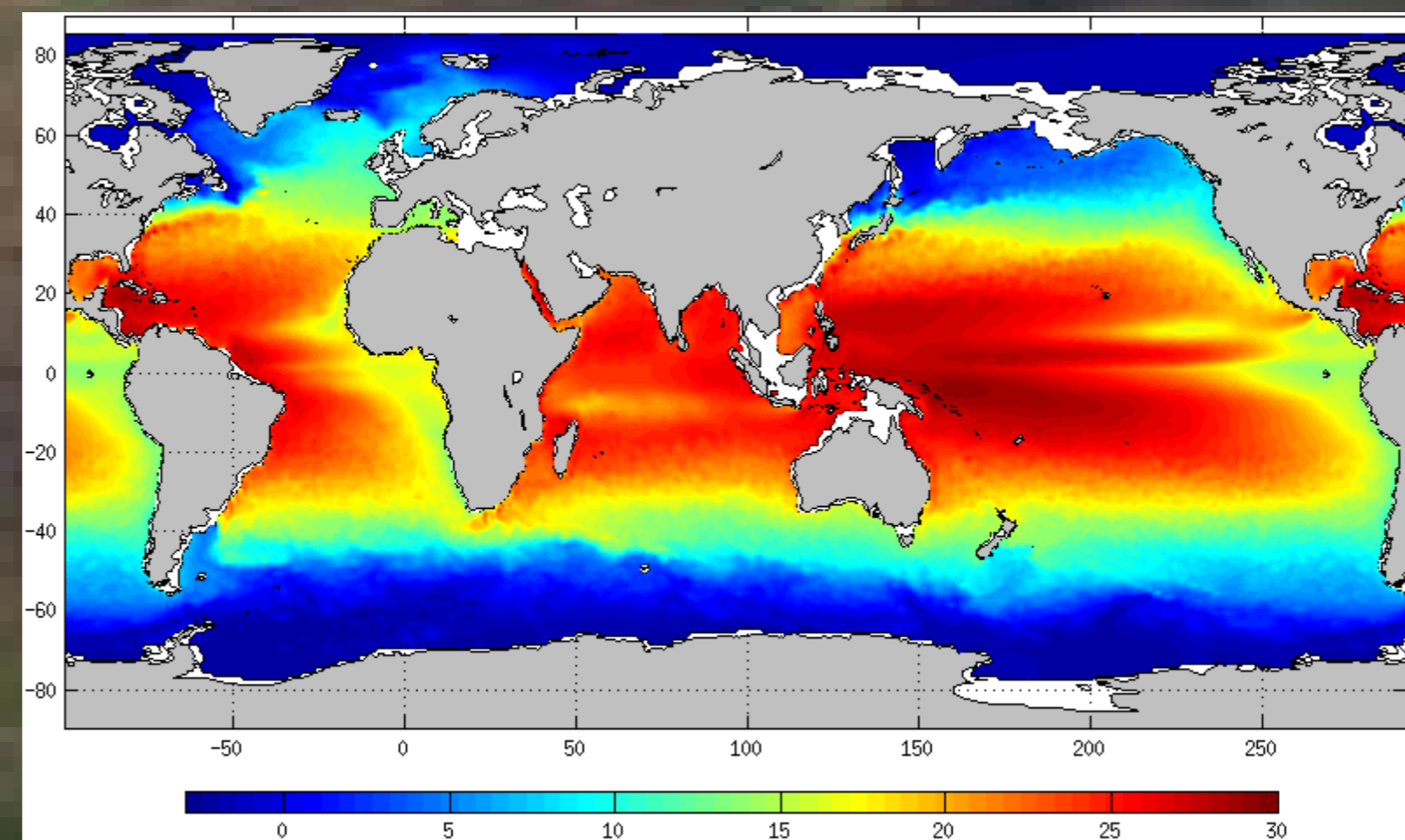
Минимизируемый функционал

$$F = \sum (A_{\text{grid}} - A_{\text{data}})^2 + C_1 \int (\Delta A_{\text{grid}})^2 ds + C_2 \int (A_{\text{grid}} - A_{\text{climate}})^2 ds$$

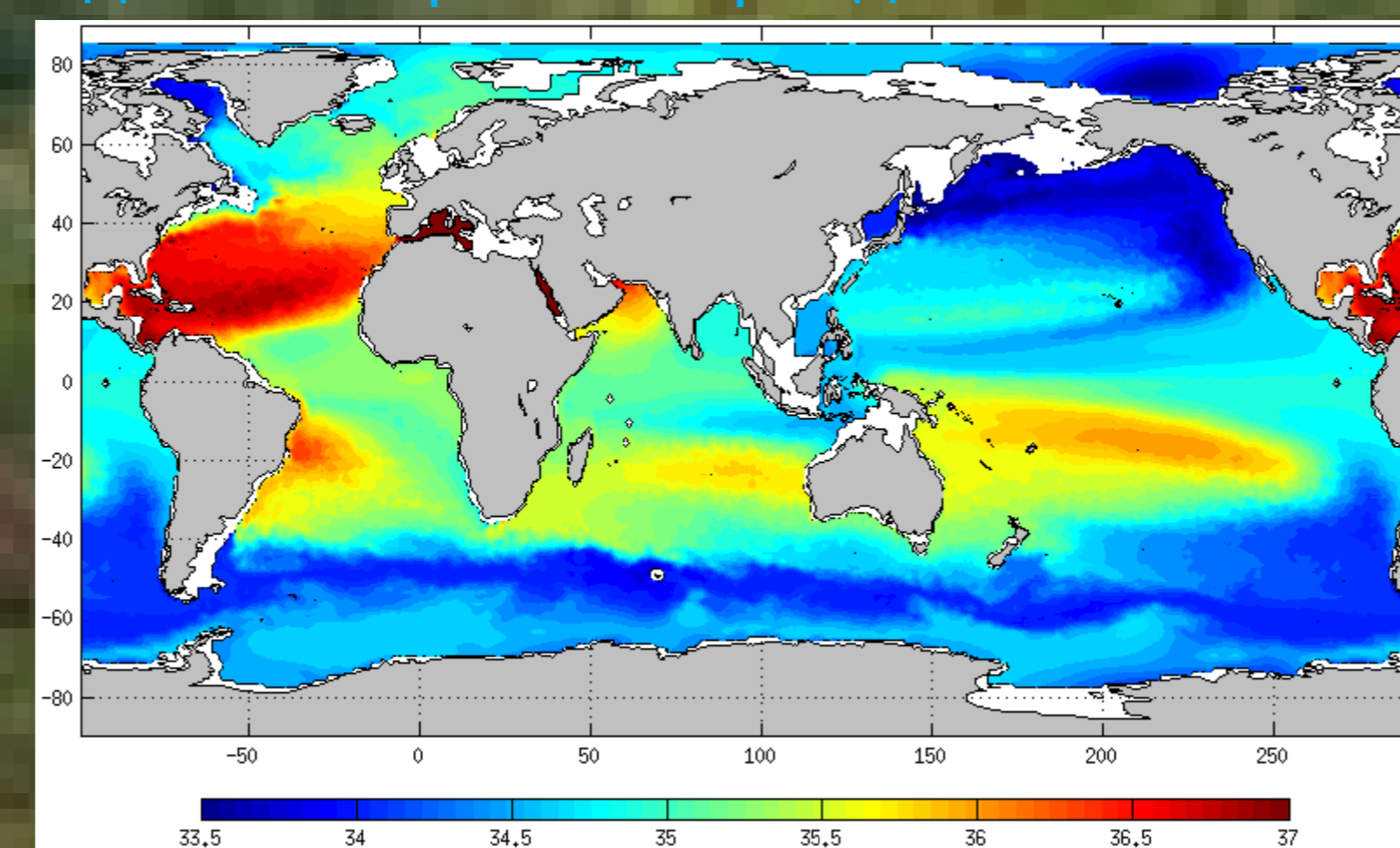
"A" – интерполируемая переменная Argo (Т или S)

(2) На следующем этапе для получения сбалансированных климатических полей температуры, солености, плотности и скорости течений используется модель общей циркуляции океана в режиме диагноза и адаптации. Модель описывается полной системой уравнений гидротермодинамики океана. Процесс вязко-волновой адаптации продолжается до выхода модели на квазистационарный режим (около 10 суток модельного времени для районов средних широт). Авторами было показано, что при адаптации удаляются энергонесущие инерционные колебания и внутренние волны. В результате расчетов по модели получают адаптированные поля (месячные, сезонные и годовые) температуры, солености, плотности и течений Мирового океана на одноградусной сетке.

Среднегодовое поле температуры Мирового океана на горизонте 75 м, полученное по данным Арго за период 2005-2014 гг.



Среднегодовое поле солености Мирового океана на горизонте 200 м, полученное по данным Арго за период 2005-2014 гг.



Пролив Дрейка
 $162 \pm 5 \text{ Sv}$

Агульяс
 $66 \pm 7 \text{ Sv}$

Сомалийское течение
 $14 \pm 13 \text{ Sv}$

Перенос из Тихого в Индийский океан
 $15.4 \pm 3 \text{ Sv}$

Курисио
 $85 \pm 10 \text{ Sv}$

Берингов пролив
 $0.6 \pm 0.6 \text{ Sv}$

Гольфстрим
 $67 \pm 7 \text{ Sv}$

