



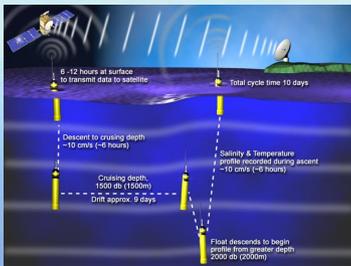
## Интегральные характеристики климата Мирового океана (переносы массы, тепла и солей), полученные на основе данных Арго

К.В. Лебедев

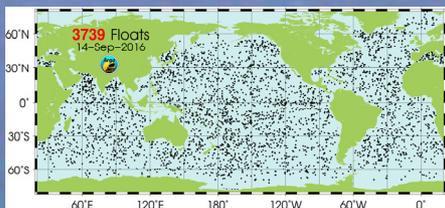
Грант РФФИ № 19-05-00878

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 Арго и блока модельной гидродинамической адаптации вариационно проинтерполированных полей. Такая методика позволяет получать по нерегулярно расположенным данным измерений Арго 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 2019 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 Арго стали вести на большей части акватории Мирового океана. Заявленного при разработке программы Арго уровня покрытия в 3000 одновременно работающих поплавков (в среднем 1 поплавок на трехградусный "квадрат") программа достигла в ноябре 2007 г. Сейчас около 4000 измерителей Арго 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 Арго за период с 2001 по 2020г., превысило 2 млн.

(1) На первом этапе выполняется вариационная интерполяция на регулярную одноградусную сетку полей температуры и солености по данным профилей Арго. 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 натурных измерений.

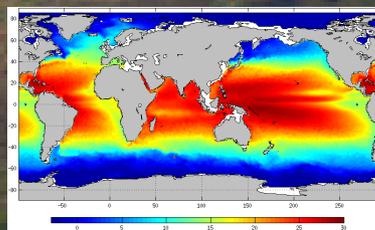
### Минимизируемый функционал

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

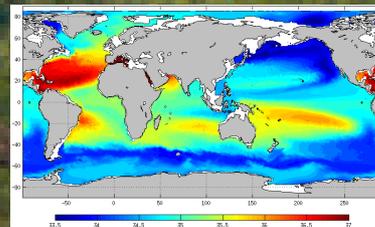
"А" – интерполируемая переменная Арго (Т или S)

(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 получаются 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

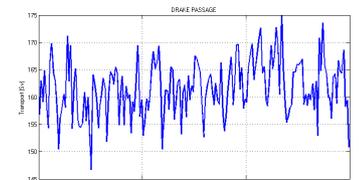


Среднегодовое поле солености Мирового океана на горизонте 200 м, полученное по данным Арго

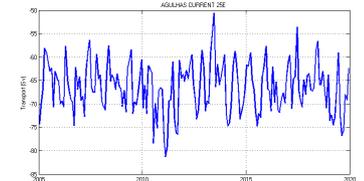


Грант РФФИ № 19-05-00878

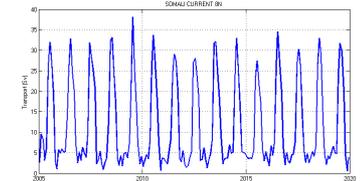
Пролив Дрейка  
163 ± 3 Sv



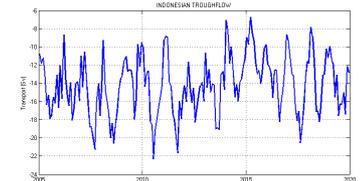
Аргульск  
66 ± 7 Sv



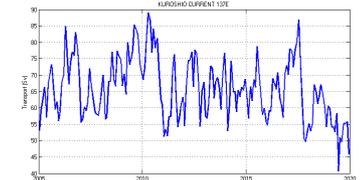
Сомалийское течение  
14 ± 13 Sv



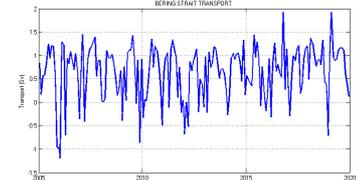
Перенос из Тихого в Индийский океан  
13.8 ± 4.1 Sv



Курисио  
85 ± 10 Sv



Берингов пролив  
0.6 ± 0.5 Sv



Гольфстрим  
67 ± 7 Sv

