

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ СОЛЕННОСТИ ОКЕАНА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Коноплев Д. Ю.

Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Картушинский А. В.

Сибирский Федеральный Университет

Институт Космических и Информационных Технологий

Мировой океан – важнейший объект для наблюдения и изучения. Он связан с процессами глобального переноса энергии и вещества, обмена с атмосферой кислородом и углекислым газом. Данные факторы делают задачу изучения Мирового океана очень актуальной. Зная, как ведут себя различные процессы в Мировом океане, например течения, можно спрогнозировать дальнейшие варианты поведения климата на планете.

Температура и соленость воды, скорости течения, концентрация хлорофилла, изменение в пространстве и во времени этих параметров, принадлежат к числу наиболее важных. Например, соленость и температура определяют плотность морской воды, которая, в свою очередь, является важнейшим фактором, определяющим движение водных масс в океанах. Океанологическая циркуляция играет решающую роль в формировании климата Земли и его изменений.

Соленость океанических вод имеет громадное значение для природы земного шара, так как содействует смягчению климата планеты, потому что, препятствуя замерзанию морской воды, тем самым обуславливает в полярных и приполярных областях более продолжительное соприкосновение океанических вод с атмосферой, а это в свою очередь увеличивает количество тепла, отдаваемого водами воздуху. Так же океаническая соленость усиливает вертикальную циркуляцию вод, потому что плотность воды на поверхности океанов увеличивается не только от понижения ее температуры, но еще и от испарения. Замерзание соленой воды тоже способствует возникновению вертикальной циркуляции, потому что поверхностная вода при замерзании получает часть солей, не перешедших в лед, становится плотнее и опускается вниз, замещающие же ее более теплые нижние слои отдают свое тепло воздуху.

Измерение океанологических параметров можно условно разделить на контактное и дистанционное. К контактными методам можно отнести измерения судовых наблюдений и измерения, полученные с буйковых станций. К дистанционным методам – самолетные и спутниковые измерения. У каждого метода существуют свои преимущества и недостатки, например, при измерении контактными методами достигаются более точные значения солености, чем при измерении дистанционными методами, в свою очередь, контактные измерения не могут обеспечить большой пространственный охват и повторяемость, в отличие от дистанционных, поэтому метод измерения солености выбирается из расчета поставленной задачи.

На сегодняшний день соленость поверхности Мирового океана измеряют 3 спутника:

- Зонд-ПП;
- SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity);
- Aquarius.

Зонд ПП – это малый космический аппарат для фундаментальных космических исследований на базе унифицированной платформы «Карат». Зонд-ПП предназначен

для развития и совершенствования методов наблюдения Земли из космоса радиометрическими средствами в дециметровом диапазоне длин волн.

Спутник SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity – влажность почв и солёность океана) разработан Европейским Космическим Агентством. На нём используется интерферометр-радиометр MIRAS (Microwave Imaging Radiometer by Aperture Synthesis), позволяющий проводить в глобальном масштабе измерения влажности почв и растительности суши.

Спутник Aquarius был разработан НАСА и аэрокосмическим агентством Аргентины при участии космических агентств Канады, Франции и Италии. Он состоит из аргентинского аппарата SAC-D (Satelite de Aplicaciones Cientificas-D) и научного инструмента Aquarius, созданного НАСА. Основная задача спутника является измерение степени солёности в разных районах мирового океана, а также измерение параметров скорости ветра, температуры воды, интенсивности осадков, влажности атмосферы.

Большинство дистанционных измерений океанологических параметров находится в свободном доступе, например, данные о солёности, измеренные с помощью спутника Aquarius размещены на файловом сервере: <ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/aquarius/>. Для удобства пользователей файлы данных по солёности можно скачивать с определенным временным усреднением или без усреднения. Каждый файл содержит набор метаданных, в которых указаны подробные характеристики района съемки, аппаратуры съемки, времени начало и конца съемки, а также множество других характеристик. Помимо метаданных в файле существуют данные значений цвета – палитра. Она нужна для визуализации информации о солёности по предоставленным цветам. При обработке числовых значений солёности за месяц и добавление к ним соответствующей палитры – рисунок 1, получается примерный результат распределения солёности на поверхности Мирового океана, который продемонстрирован на рисунках 2,3.



Рисунок 1 – палитра цвета для значений солёности.

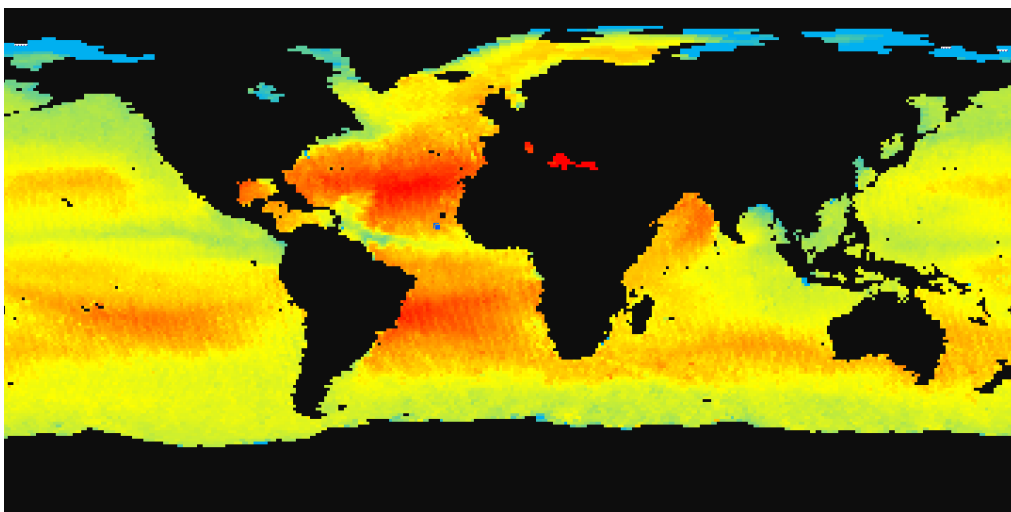


Рисунок 2 – среднемесячные значения солёности на поверхности Мирового океана в период времени 1 – 30 сентября.

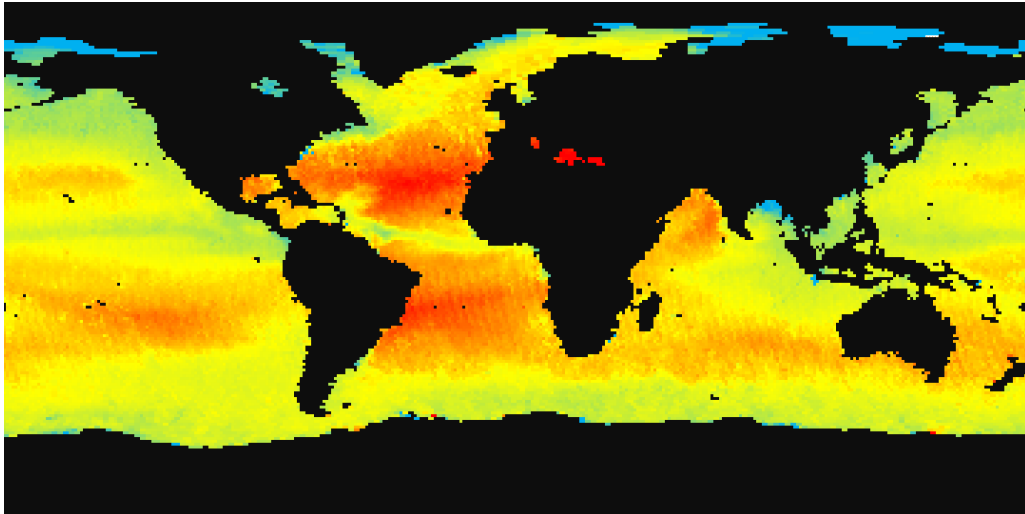


Рисунок 3 – среднемесячные значения солености на поверхности Мирового океана в период времени 1 – 31 октября.

Нахождение градиента солености является основной задачей будущего программного обеспечения. Данные солености представляют собой дискретные значения в областях 100×100 км, целесообразно представлять эти значения в виде координатной сетки, которая разбита на прямоугольные области, представленные на рисунке 4.

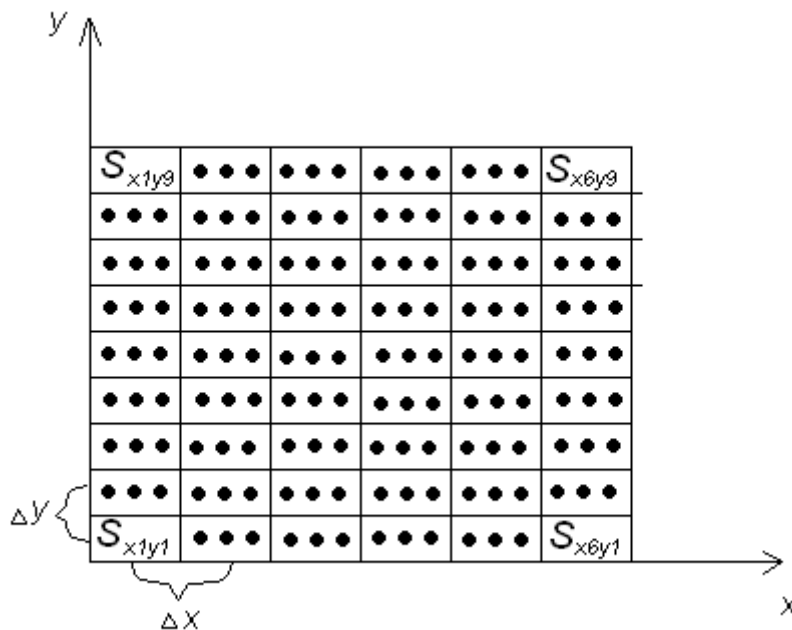


Рисунок 4 – координатная сетка.

Где $S(x_i, y_j)$ – значение солености, а Δx и Δy значения шага сетки соответственно по x и y .

Расчет градиентов только в одном направлении, например широтном по x или меридиональном по y , не отображает полную картину пространственного изменения солености, поэтому для работы будут использоваться абсолютные значения градиентов, рассчитанные с помощью широтных и меридиональных значений градиентов. Для нахождения градиентов используются разностные уравнения.

1) Для расчета широтных значений градиентов:

$$\frac{\partial S}{\partial x} = \frac{S_{i+1,n} - S_{i,n}}{\Delta x},$$

2) Для расчета меридиональных значений градиентов:

$$\frac{\partial S}{\partial y} = \frac{S_{n,j+1} - S_{n,j}}{\Delta y},$$

3) Для расчета абсолютных значений градиентов:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)^2 = \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)^2 = \left(\frac{S_{i+1,n} - S_{i,n}}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{S_{n,j+1} - S_{n,j}}{\Delta y}\right)^2;$$

$$\frac{\partial S}{\partial L} = \sqrt{\left(\frac{S_{i+1,n} - S_{i,n}}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{S_{n,j+1} - S_{n,j}}{\Delta y}\right)^2};$$

Геометрический смысл расчета градиентов показан на рисунке 5.

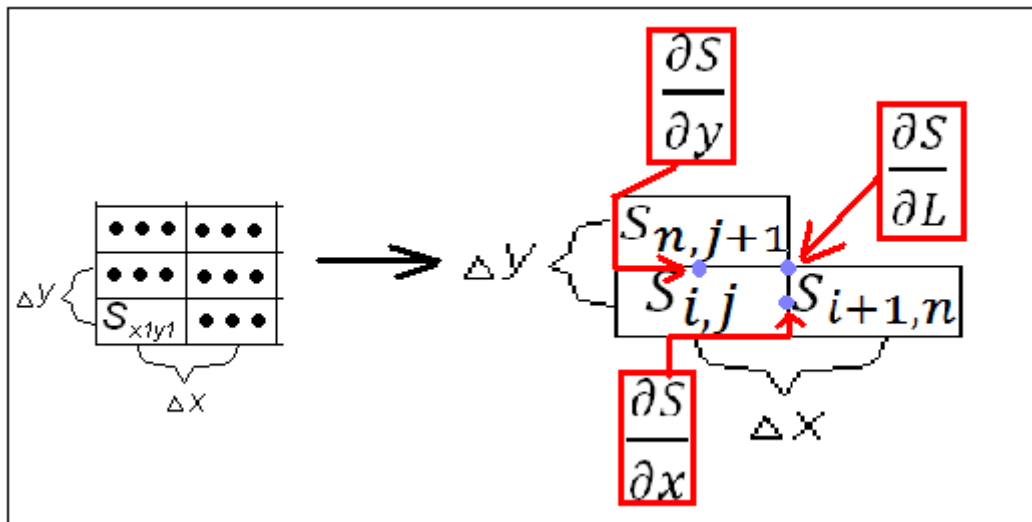


Рисунок 5 – значения градиентов на координатной сетке.

В работе продемонстрирован алгоритм для расчета абсолютных градиентов, который разработан для выявления закономерностей в процессах Мирового океана, а также для улучшения его анализа. Изучение изменчивости градиентов солености океана на различных пространственных и временных интервалах необходимо для определения зон высокой и низкой динамической активности. В этих зонах сталкиваются теплые и холодные водные массы, а также водные массы с высокими и низкими значениями солености, где возникают резкие градиенты и создаются условия для развития интенсивных динамических и тепловых взаимодействий океана с атмосферой, влияющих на формирование современного климата и его изменений. Поэтому задача изучения процессов в Мировом океане является очень актуальной.