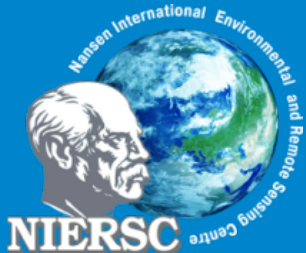


**Количественная оценка годового продуцирования  
кокколитофорами взвешенного неорганического  
углерода в Арктическом океане и его многолетней  
динамики (2002-2010) по спутниковым  
синергетическим данным в видимом, инфракрасном и  
микроволновом диапазонах.**

<sup>1,2</sup>Петренко Д.А., <sup>2</sup>Заболотских Е.В., <sup>2</sup>Поздняков Д.В.,  
<sup>1</sup>Сычев В.И., <sup>1</sup>Карлин Л.Н.

<sup>1</sup>Научный фонд “Нансен-Центер”

<sup>2</sup>Российский Государственный Гидрометеорологический Университет  
(РГГМУ)



## Цели:

1. Модернизация алгоритма BOREAL для восстановления концентраций: кокколитофоров, кокколитов и диатомовых водорослей;
2. Оценка динамики цветения кокколитофоров в Арктике;
3. Количественная оценка взвешанного неорганического углерода в Арктическом бассейне;
4. Оценка динамики изменения взвешанного неорганического углерода в Арктическом бассейне за 2002-2010гг.

Кокколитофоры являются одними из основных известняк-продуцирующих организмов в Мировом океане. Эти водорсли контролируют круговорот углерода в системе атмосфера-гидросфера системы, и таким образом являются важным игроком в глобальном изменении климата

**Механизм подуцирования углерода:** поглощение  $\text{HCO}_3^-$  этими водорслями, освобождение  $\text{CO}_2$  в атмосферу:

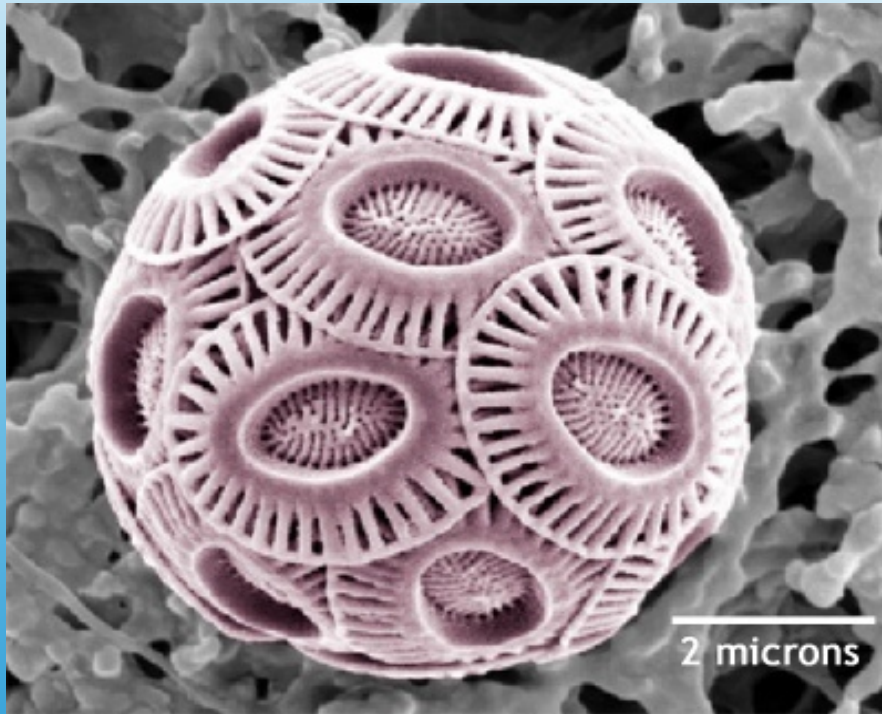


**механизм стока углерода:** поглощение  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза:



**механизм воздействия на формирование облаков:** выбросы диметилсульфид

*Emiliana huxleyi*



Размер: ~0.2–2.0 мкм

# Гидрооптическая модель для вод типа 2 с учетом кокколитофоров (coc), кокколитов (cc) и диатомовых водорослей (php)

$$a = a_w + a_{php} + a_{coc} + a_{cc}$$

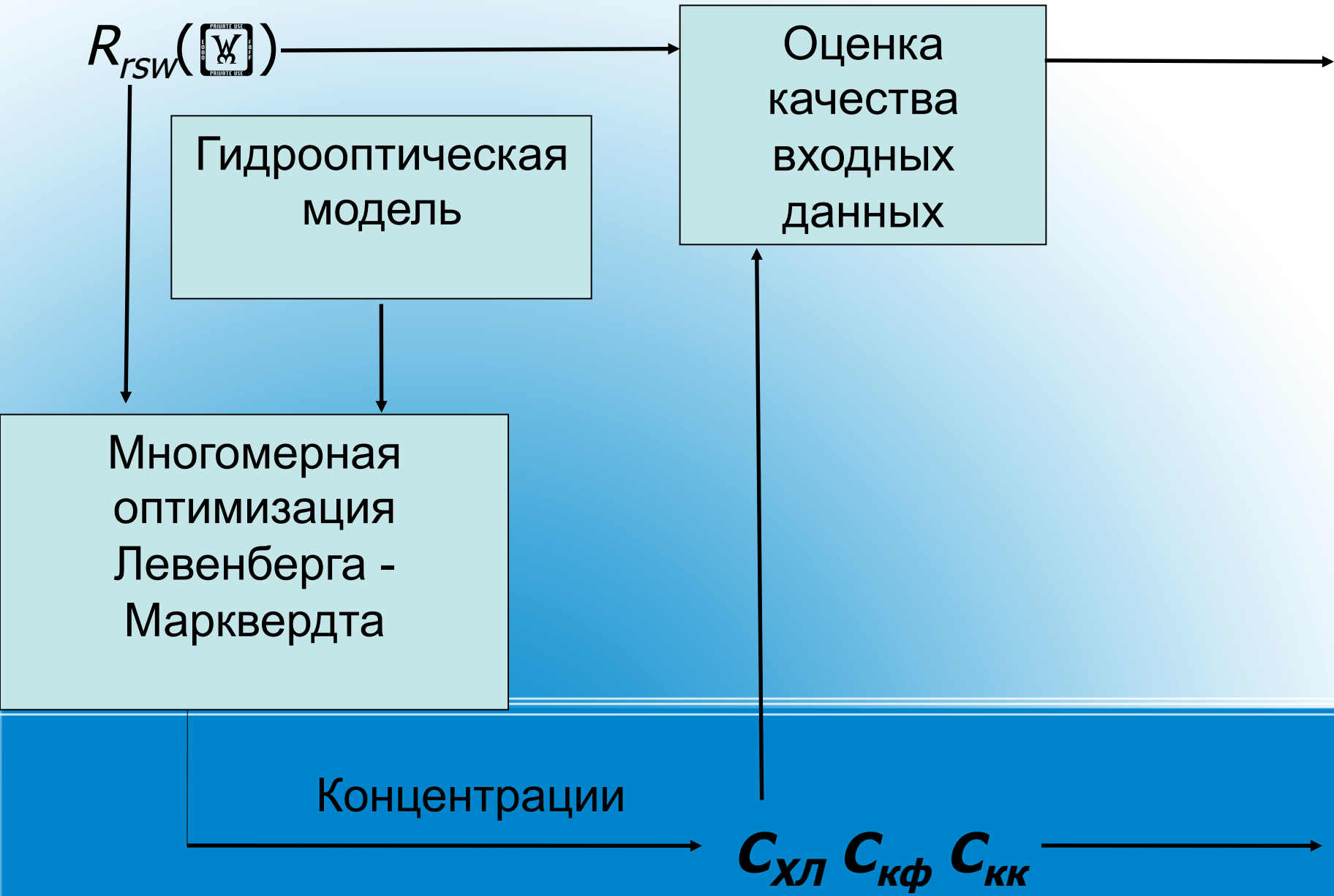
$$b_b = b_{bw} + b_{b\ php} + b_{b\ coc} + b_{b\ cc}$$

ИЛИ

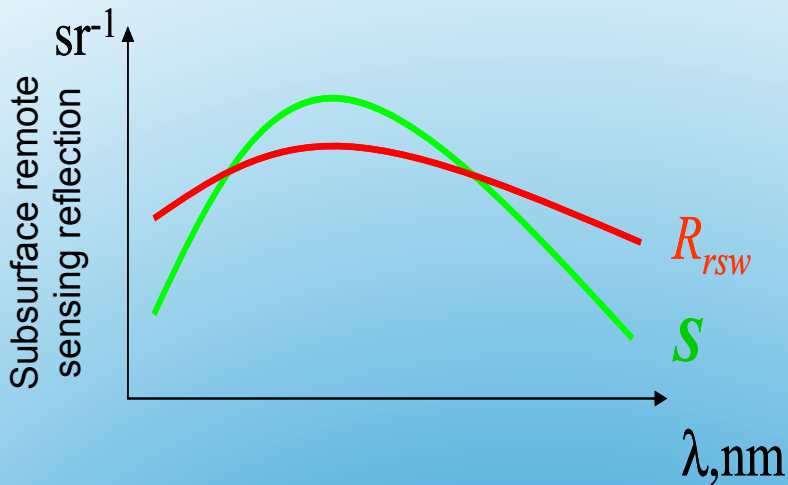
$$a = a_w + a_{php}^* C_{php} + a_{coc}^* C_{coc} + a_{cc}^* C_{cc}$$

$$B_b = b_{bw} + b_{b\ php}^* C_{php} + b_{b\ coc}^* C_{coc} + b_{b\ cc}^* C_{cc}$$

# Схема алгоритма BOREAL применительно к ДЗ кокколитофоров



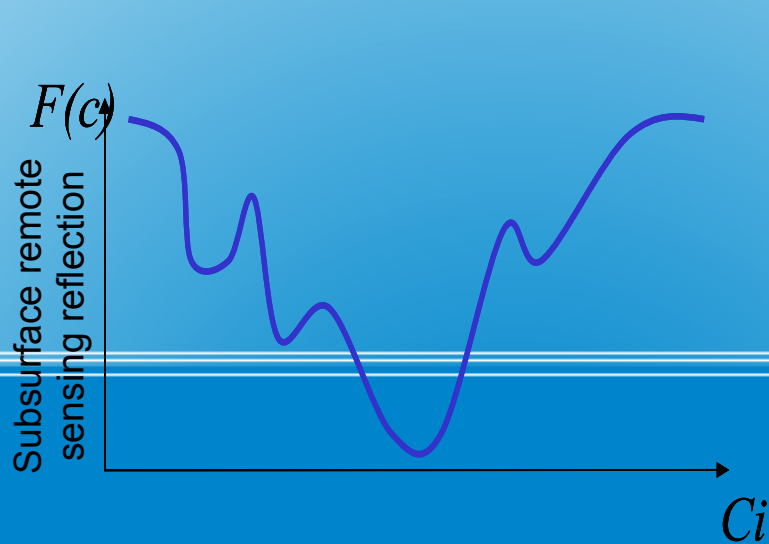
# Методическая основа алгоритма BOREALI - метод Левенберга - Марквердта



$$g_j = (S_{rswj} - R_{rswj}) / S_j$$

$R_{rsw}$  - измеренное

$S_{rsw}$  - моделированное



$$\overline{R_{rsw}} = -0.00036 + 0.110(b_b/a) - 0.0447(b_b/a)^2$$

[Jerome et al., 1996]

# Источники данных, использованные для разработки алгоритмов и исследований продуцирования неорганического углерода

Спутниковые данные/датчики:

Видимый диапазон:

-MODIS

Дополнительная информация в ИК и микроволновом диапазонах э/м спектра:

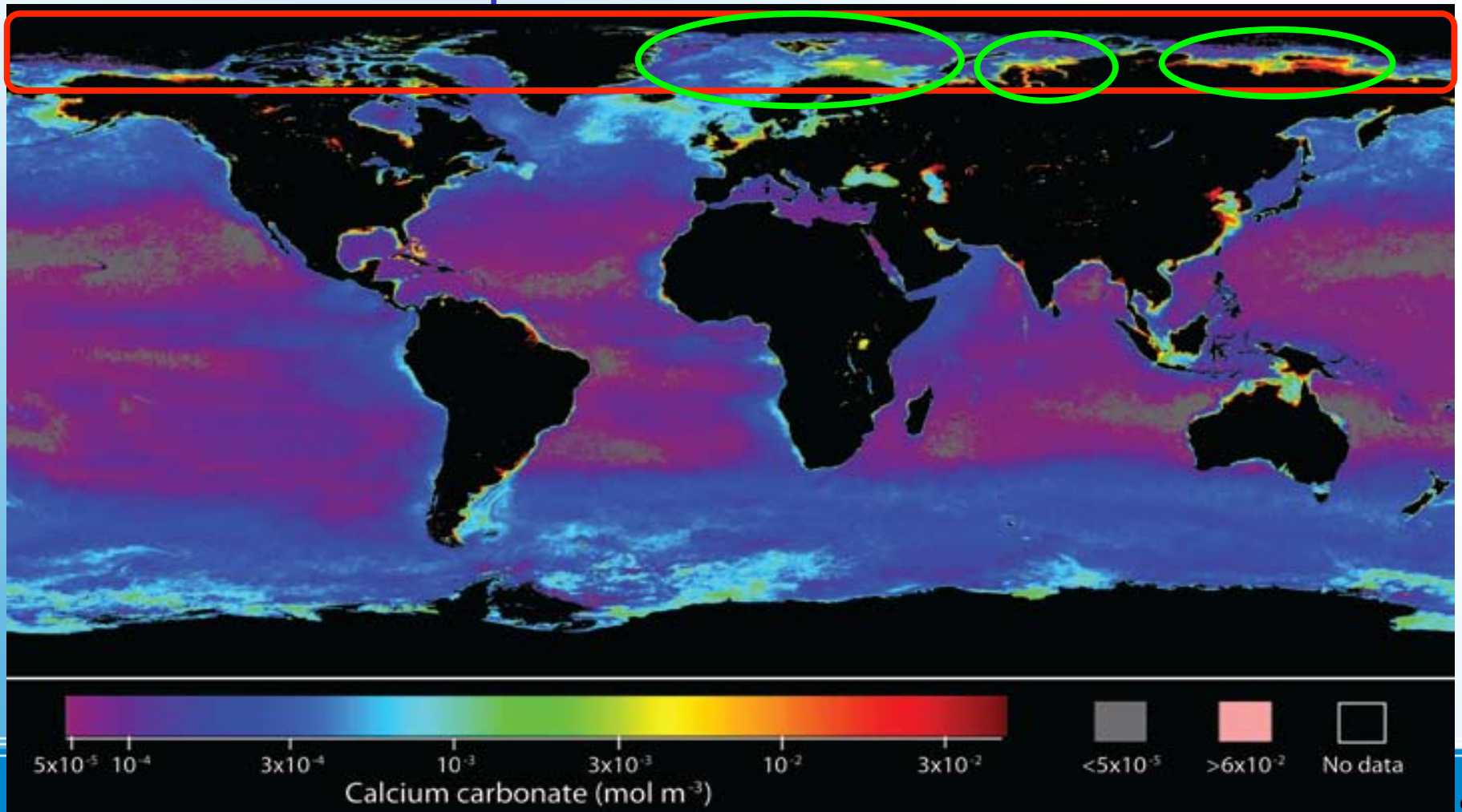
- AVHRR

- MODIS

- QuikScat



# Районы возможных цветения кокколитофоров в Арктическом бассейне

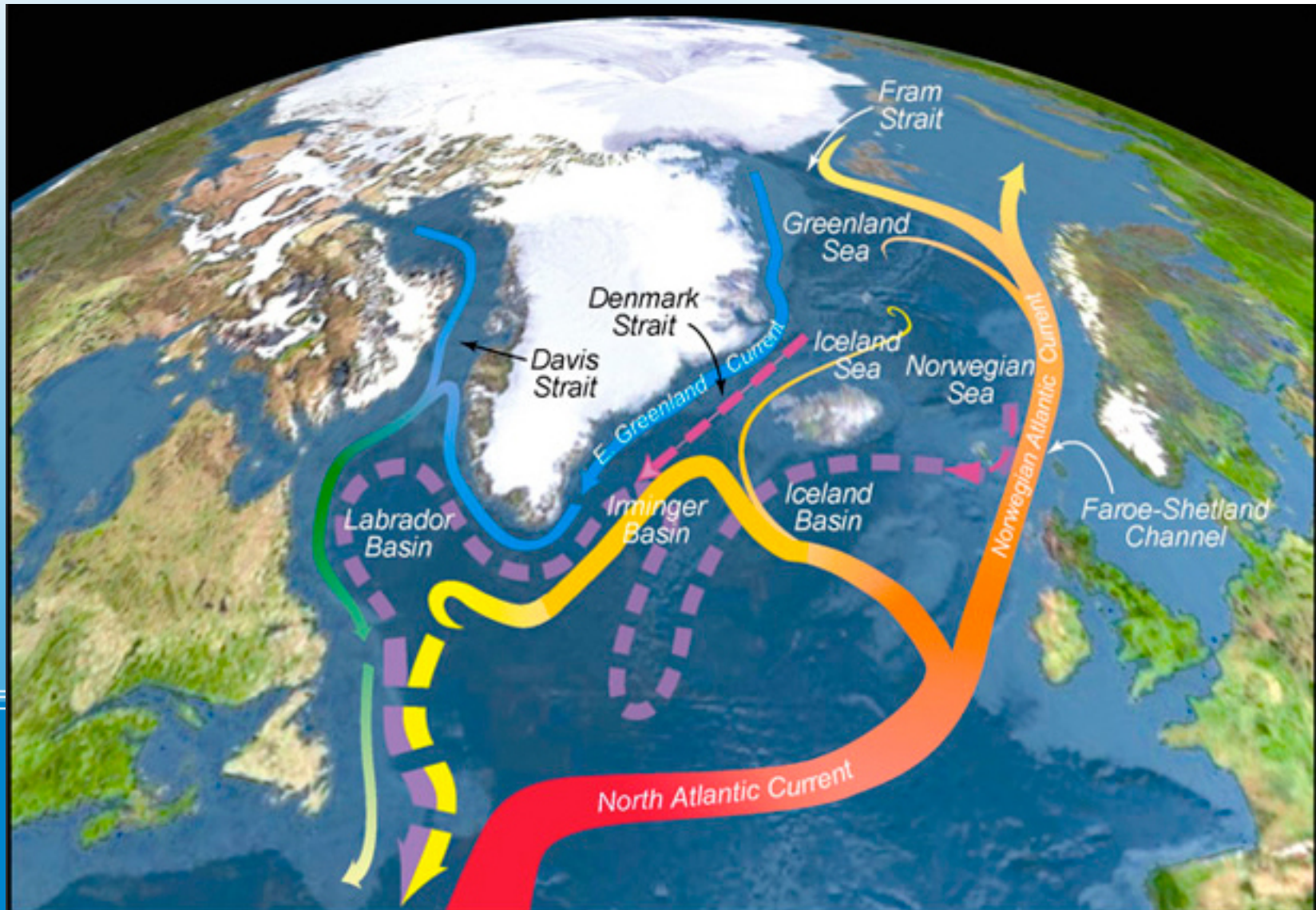


[Balch *et al.*, 2009]

# Условия, благоприятные для развития цветения кокколитофоров

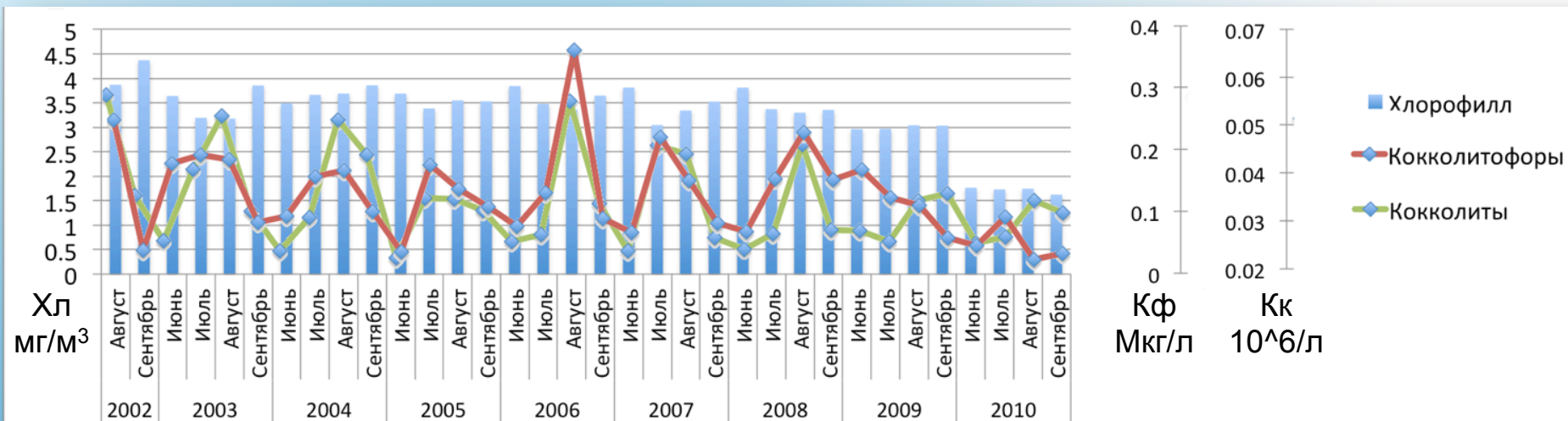
- Устойчивая стратификация водного столба
- Высокая освещённость водной поверхности
- Предварительное цветение диатомовых, которое подготавливает воду, увеличивая соотношение N:P, что благоприятно для кокколитофор
- “засеивание” - занесение в район будущего цветения кокколитофоров вод, содержащих клетки этой водоросли.

# Циркуляция вод в северной части Атлантического океана

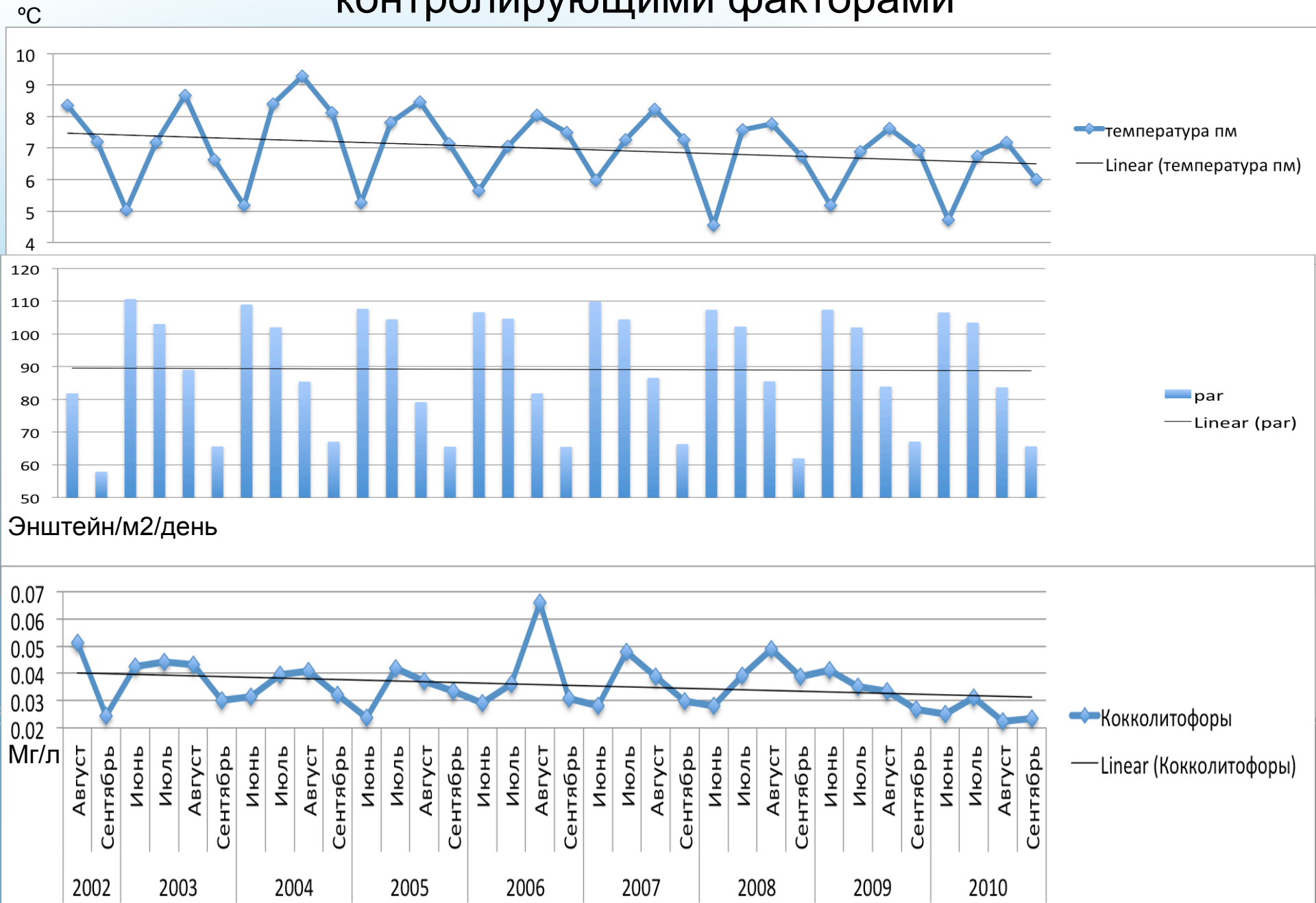




# Динамика концентраций *E. Nuxleyi*, кокколитов и диатомовых водорослей



# Сравнение динамики цветения кокколитофоров с контролирующими факторами



**Взвешанный неорганический углерод в водном столбе  
расчитывается как**

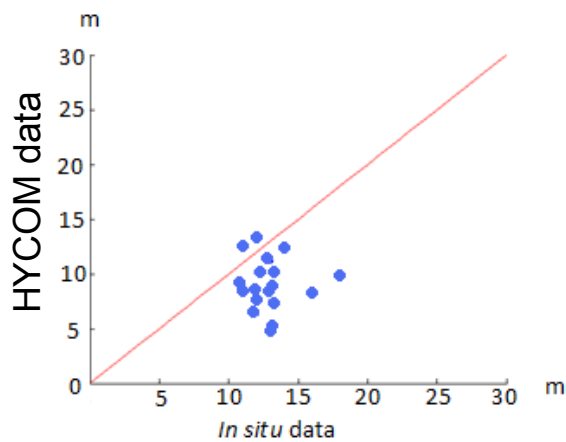
$$C = m \cdot CC \cdot MLD$$

CC – концентрация кокколитофоров (мкг/л);

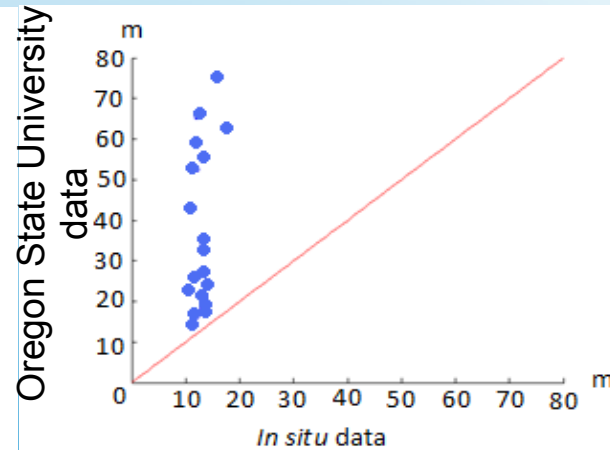
M – масса кокколита  $\sim 0.2 \cdot 10^{-12}$  g неорганического углерода (C);

MLD - ГПС - глубина перемешанного слоя (м) ;

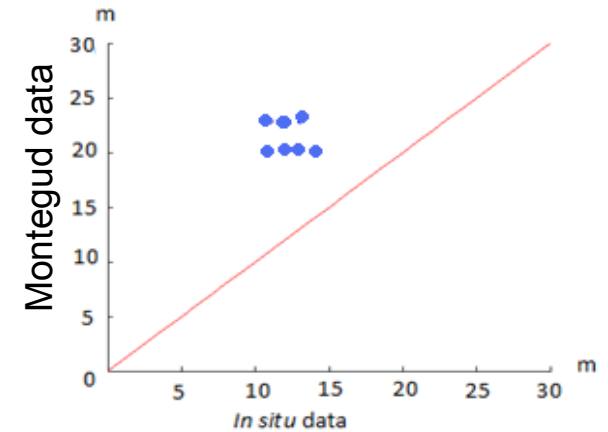
# Оценка адекватности модельных данных по ГПС



Модель HYCOM



Данные "Behrenfeld" \*

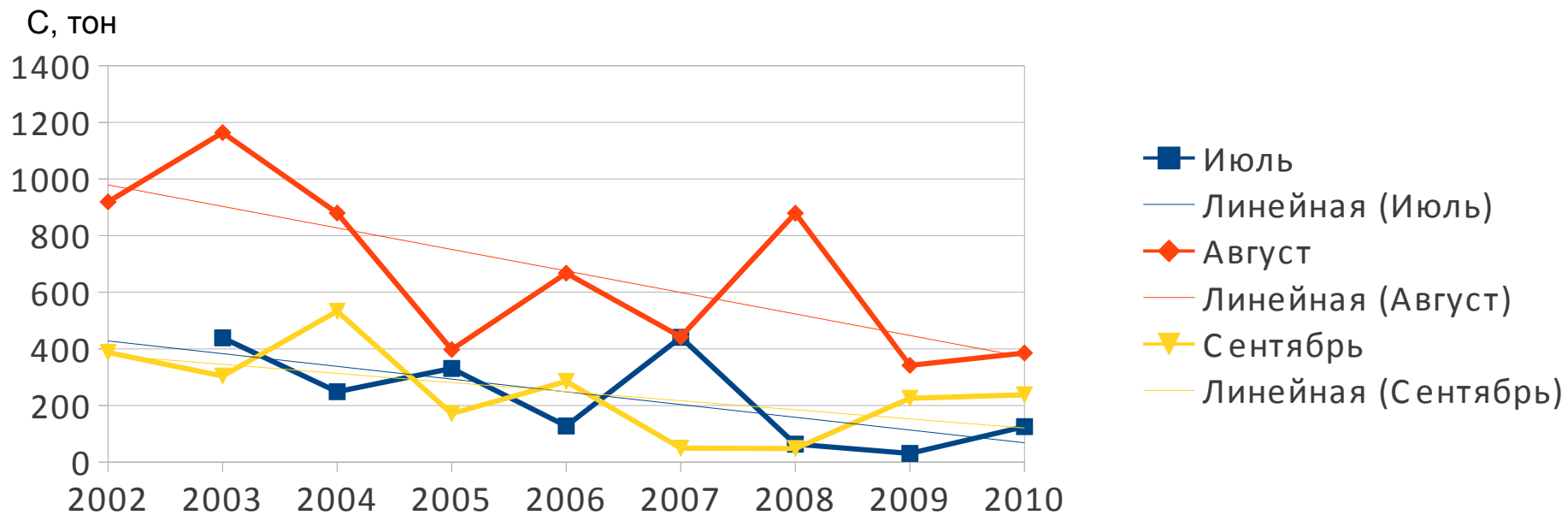
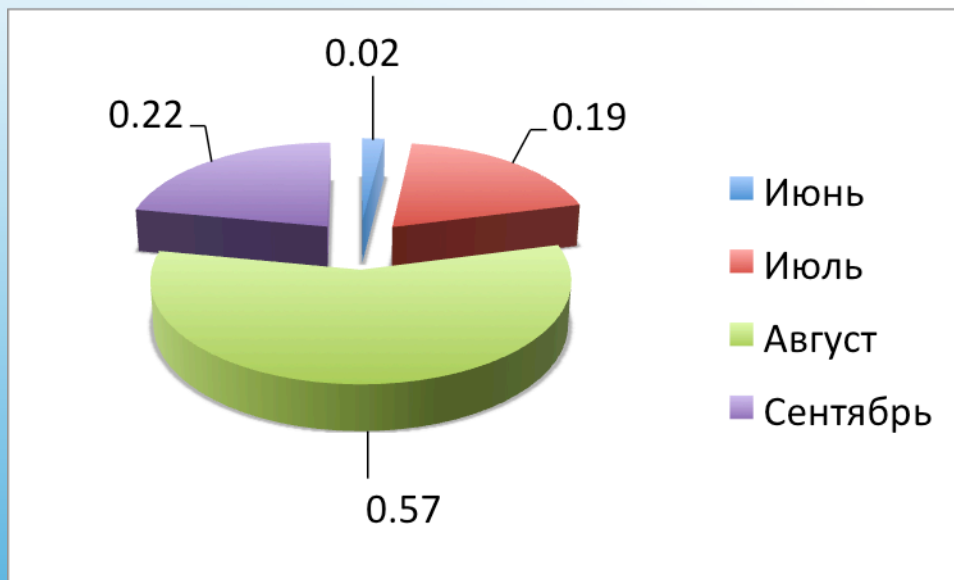


Данные Montegud

**Для оценки использовались данные корабля погоды Майк.**

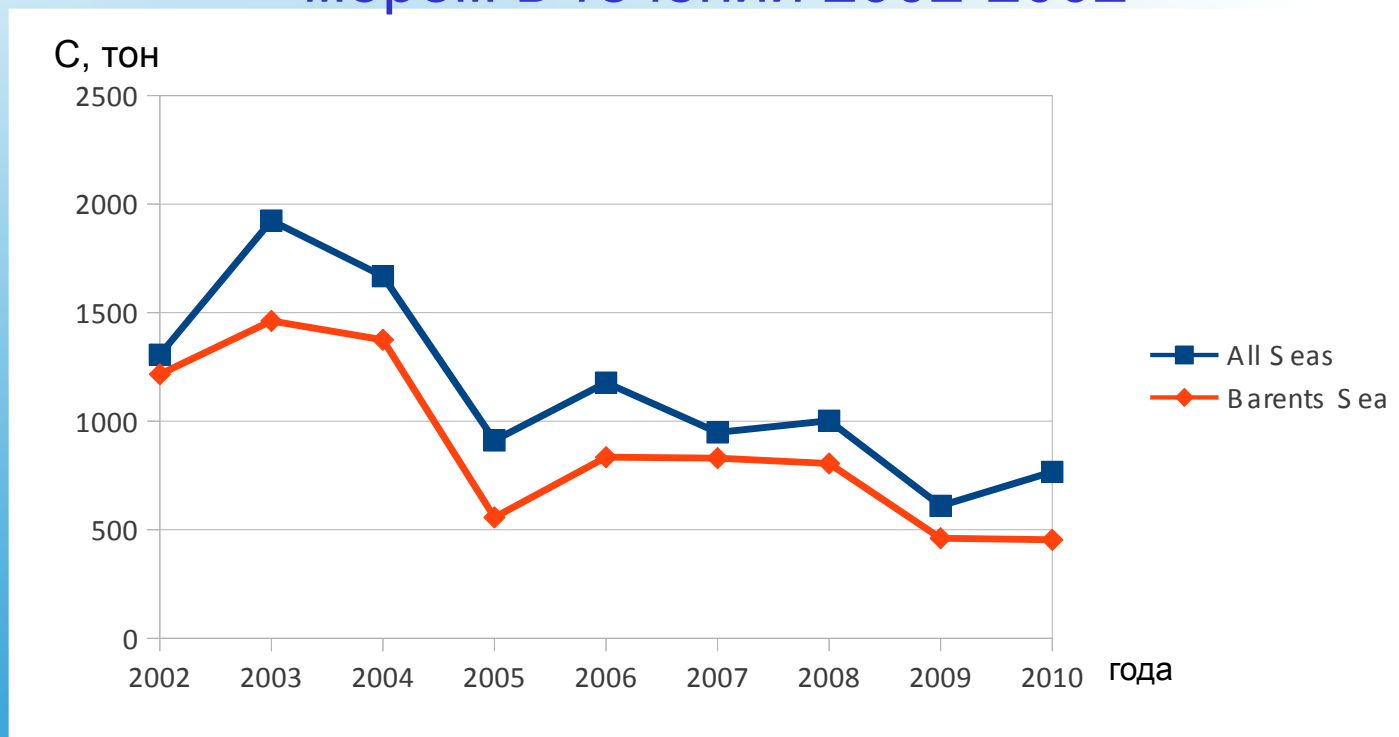
Мы приняли ГСП = 15 м (как среднее значение in situ данных), что близко к значению ГПС (20 м), определенной Walsh at al., 2005

## Среднее значение месячного вклада продукции неорганического углерода по Арктике

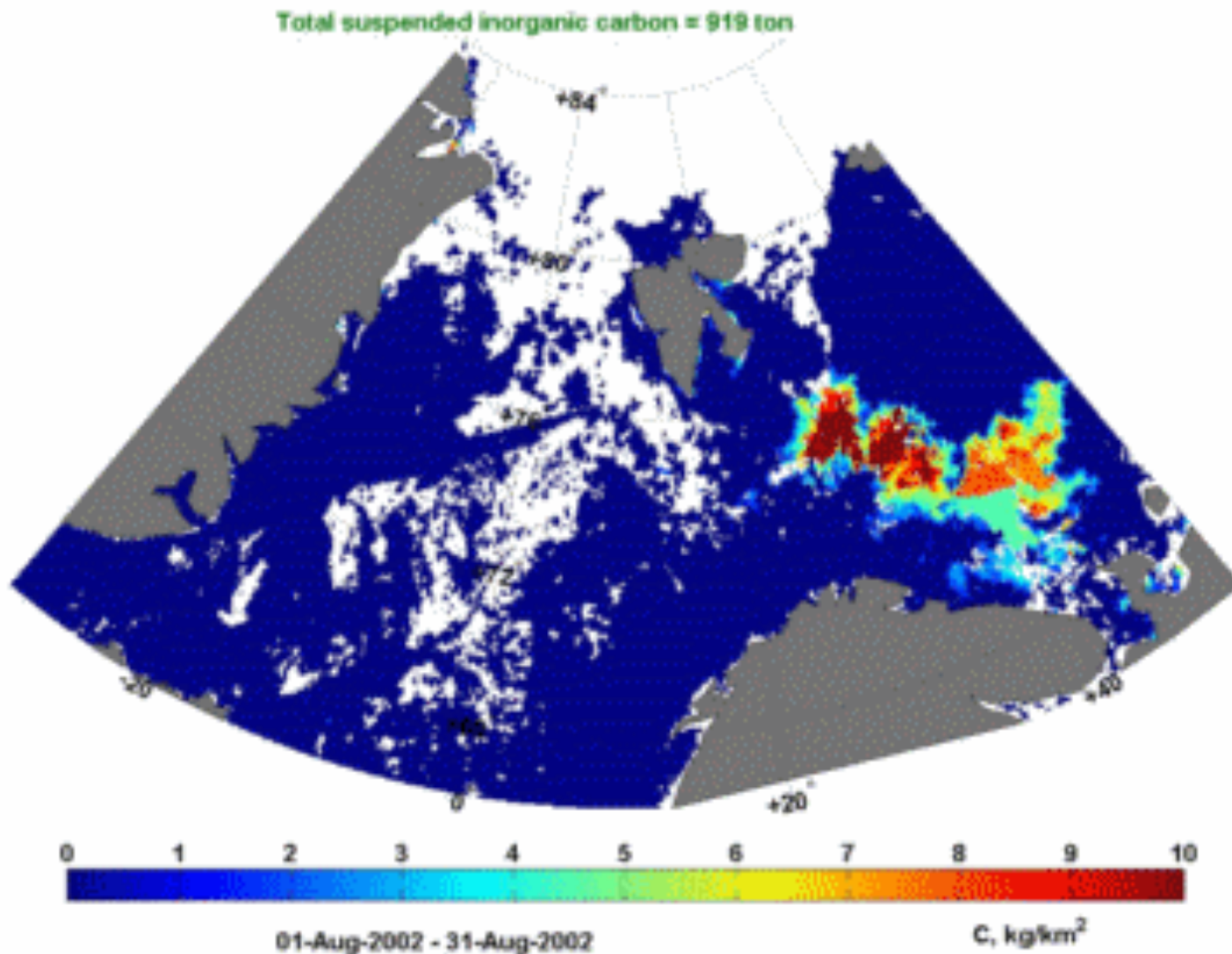




## Сравнение неорганического углерода (в тоннах) продуцированного Арктическим бассейном и Баренцевым морем в течении 2002-2010

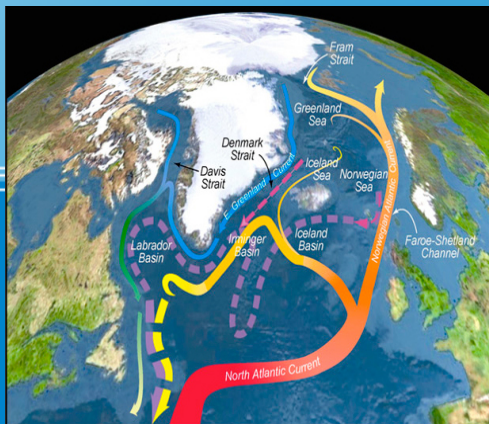
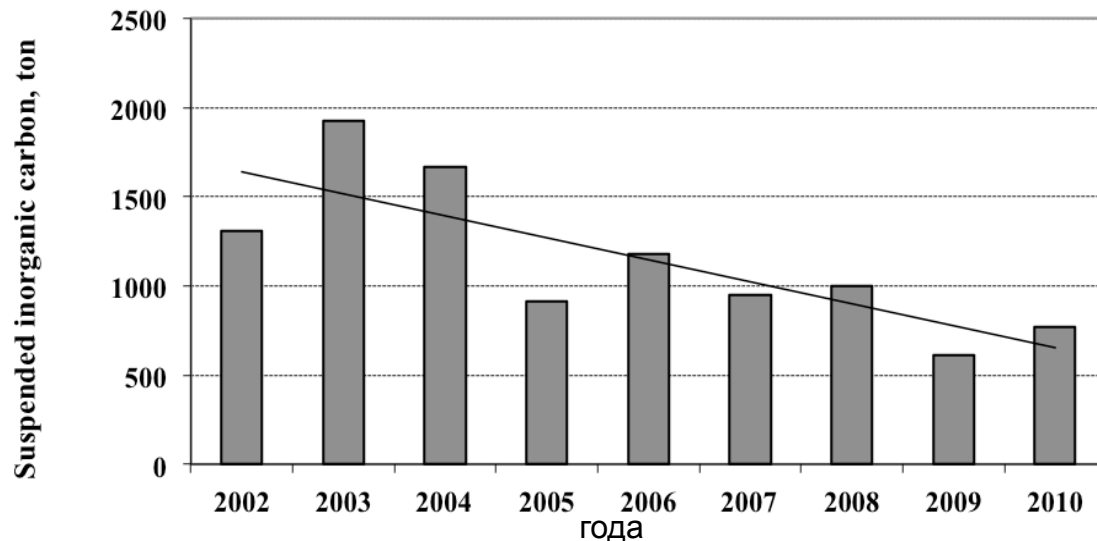


# Пространственное и количественное распределение неорганического углерода в Арктике, 2002-2010

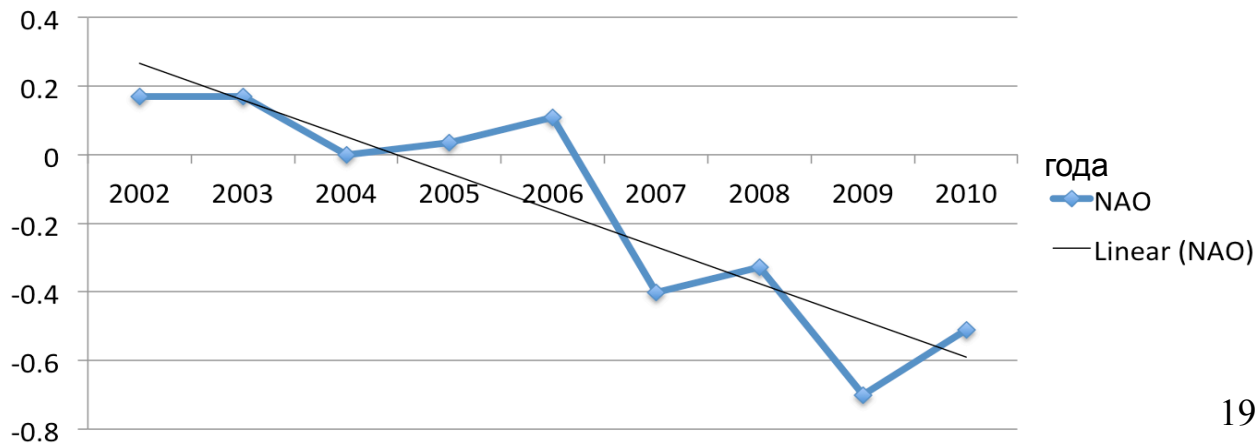


# Межгодовая изменчивость и около декадный тренд неорганического углерода в Арктике в области свободной ото льда

Тренд: -41%  
за 2002 – 2010 гг.



Индекс Северо-Атлантической Осцилляции (CAO)



# Заключение

1. В Арктике, цветение кокколитофоров были выявлены в Баренцевом, Норвежском и Гренладском морях.
2. Большая часть неорганического углерода продуцированного в Арктике приходится на Баренцево море (77%);
3. Уменьшение валового значение неорганического углерода (с 2006 года) связывается с отрицательным индексом CAO;
4. За период с 2002 по 2010 нами был установлен отрицательный тренд -41%

**Спасибо за внимание!**

