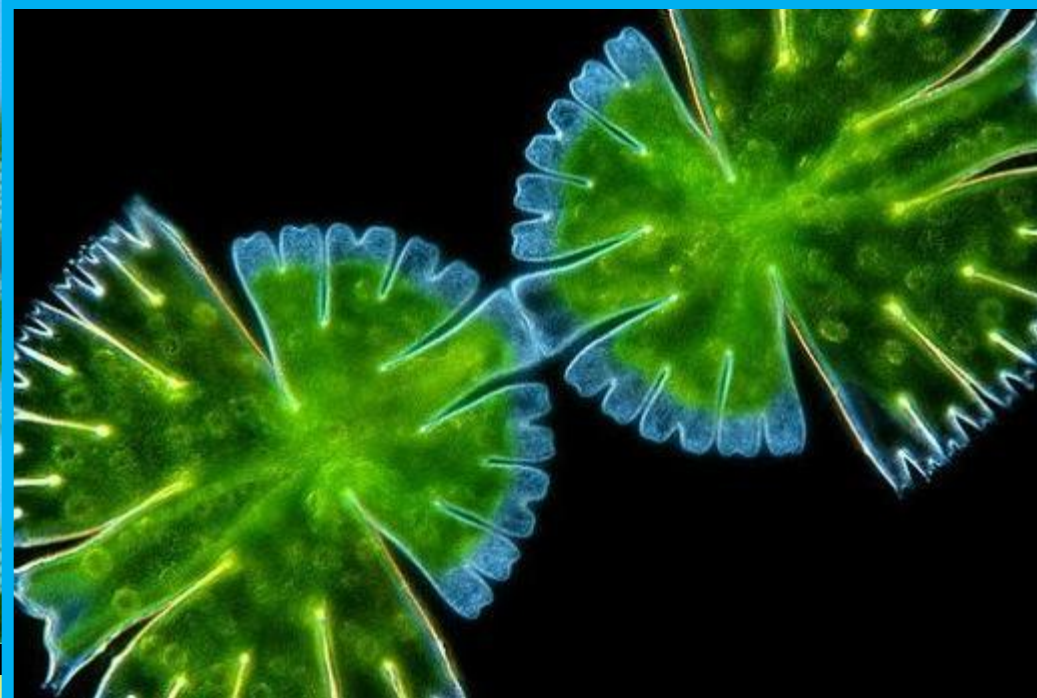
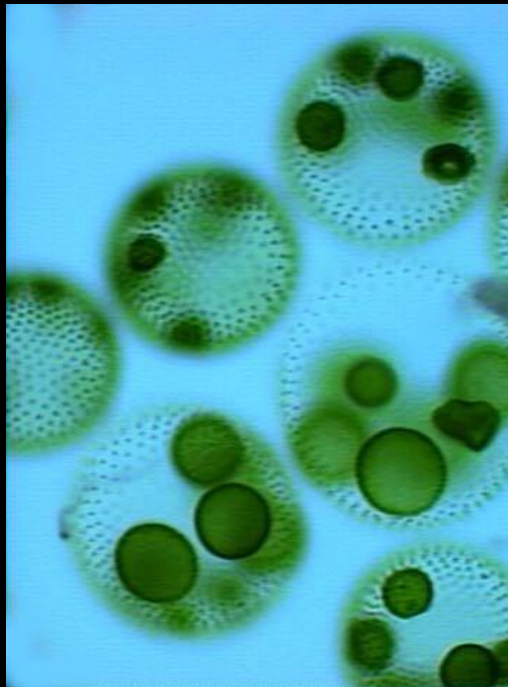




**Влияние зимней конвекции на сезонную  
изменчивость концентрации фитопланктона  
в глубоководной части Черного моря**

*Кубрякова Елена*

Шестая международная школа-семинар  
«Спутниковые методы и системы исследования Земли»  
г. Таруса, 2 - 6 марта 2015 г.

# Введение

- Спутниковые оптические измерения позволяют определять концентрацию одного из основных пигментов фитопланктона – **хлорофилла «А»**
- Спутниковые измерения позволяют получать информацию только на поверхности моря.
- Для изучения вертикального распределения фитопланктона можно использовать **физико-биогеохимические модели** различного уровня сложности.

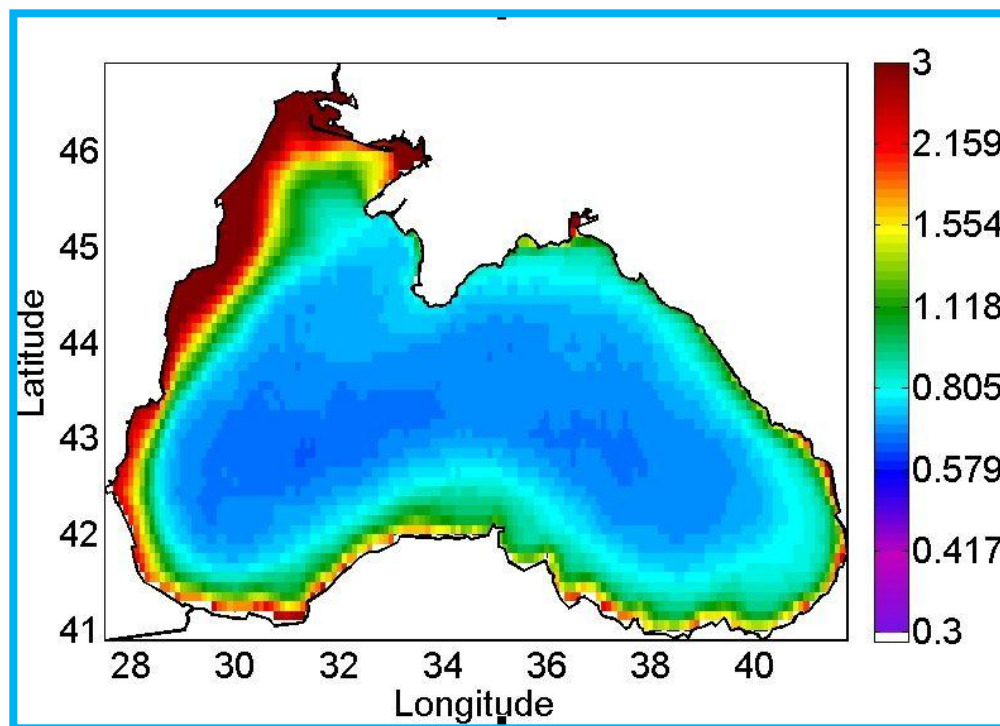
**Цель работы:** на основе спутниковых данных и численного моделирования исследовать сезонную изменчивость фитопланктона в глубоководной части Черного моря и влияние на нее зимнего перемешивания.



## Данные

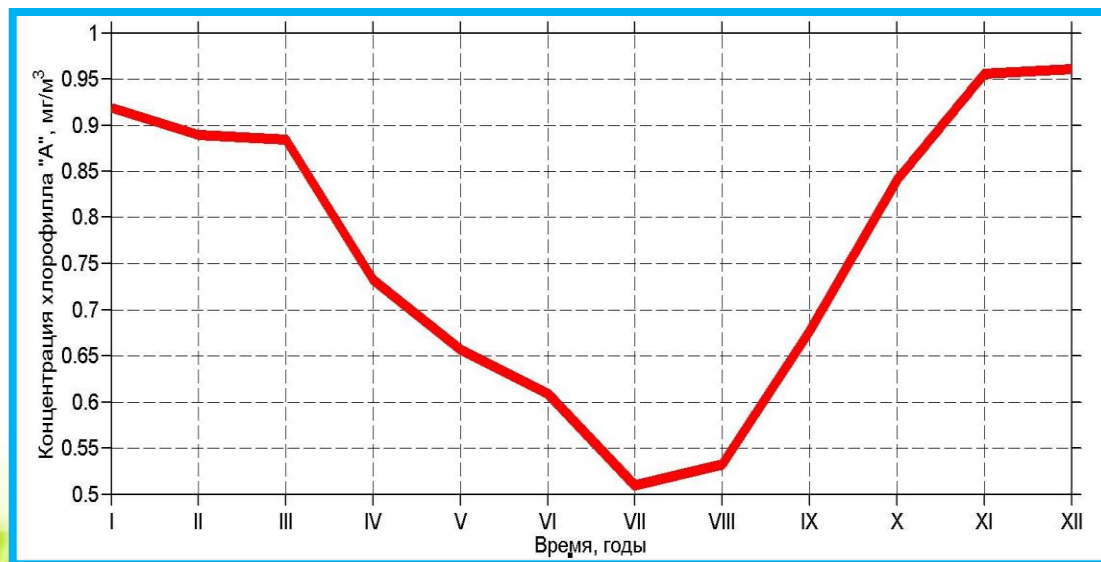
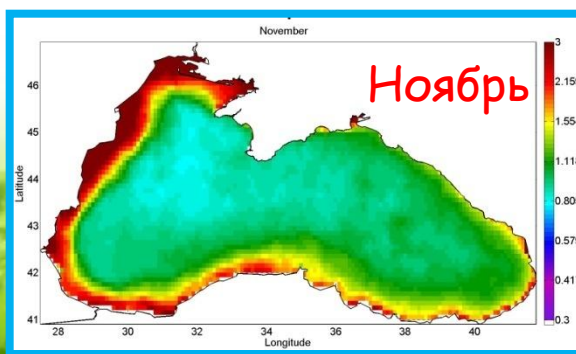
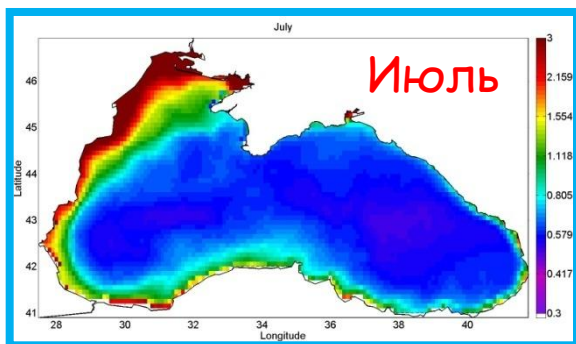
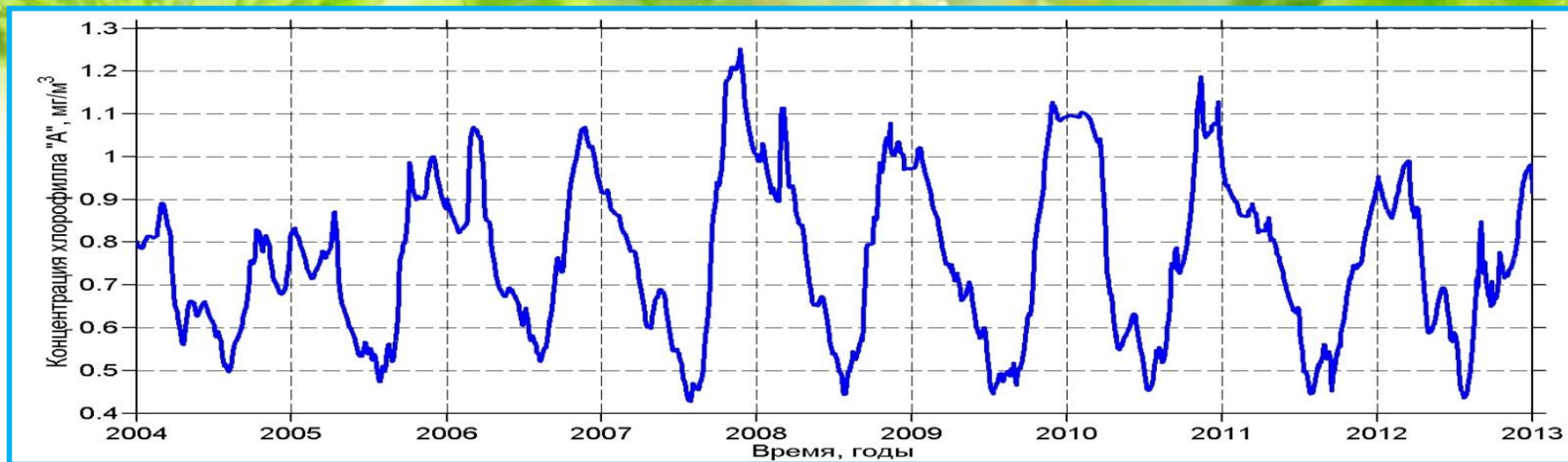
В работе используются данные спутника **MODIS-Aqua** за период **2004-2013** гг.

Используется стандартный продукт Level 3 – концентрация хлорофилла А (**ChlA**) с разрешением – 4 км, 1 день. [[oceancolor.gsfc.nasa.gov](http://oceancolor.gsfc.nasa.gov)]



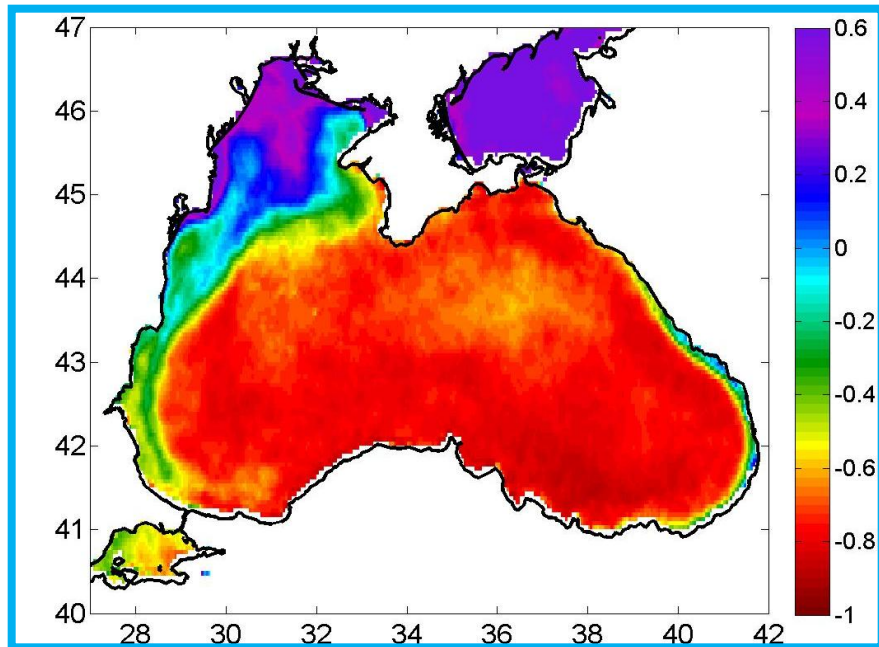
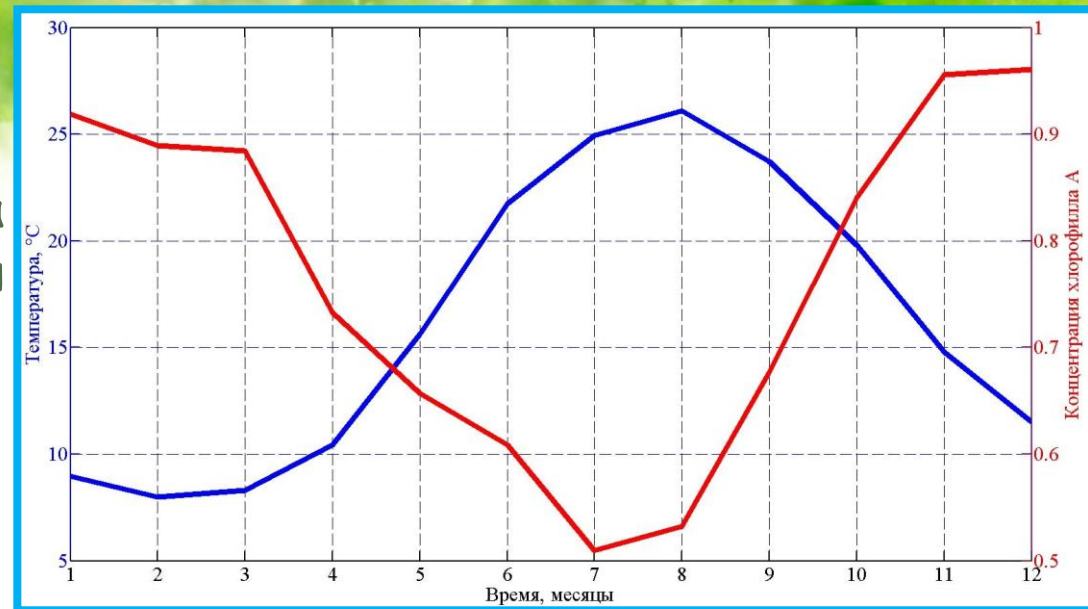
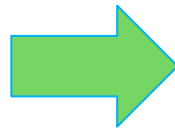
Средняя за 2004-2013 гг. карта концентрации хлорофилла «А»

# Межгодовая изменчивость концентрации хлорофилла «А»

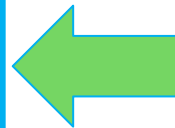


Сезонная изменчивость  
концентрации хлорофилла «А»

Сопоставление сезонного хода  
поверхностной температуры и  
концентрации хлорофилла  
«А» по спутниковым данным



Сезонная изменчивость ChlA  
находится в противофазе с  
ходом поверхностной  
температуры



Карта корреляций между  
концентрацией хлорофилла А и  
средней по морю температуры  
поверхности

Кубряков, Станичный, 2014)



# Одномерная физико-биогеохимическая модель глубоководной части Черного моря

## Гидродинамическая модель на основе POM

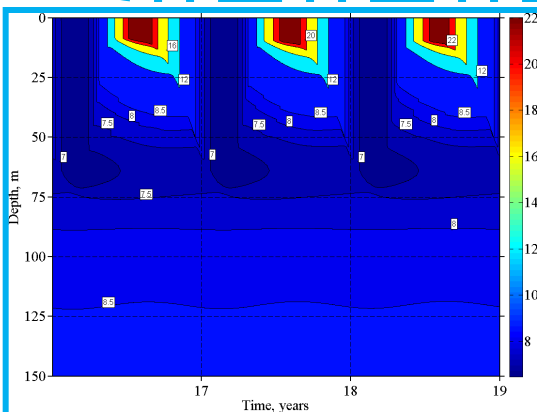
- параметризация вертикальной скорости;
- 164  $\sigma$ -уровней, соответствующих 410 м;
- внутренний шаг по времени - 10 минут;
- поля атмосферного воздействия (напряжение трения ветра, потоки тепла, испарение и осадки) по данным реанализа ERA-40

Т, К<sub>М</sub>

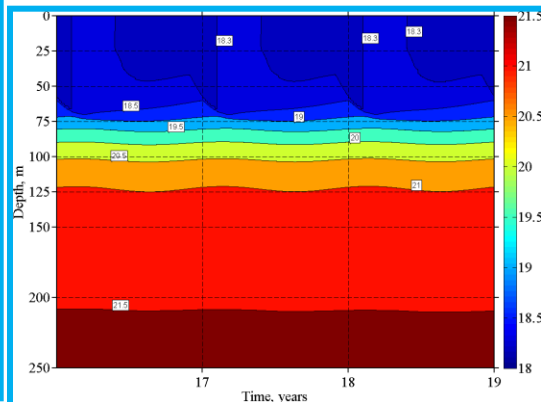
## Биогеохимическая модель основана на одномерной модели T.Oguz et al. 2001

### 17 компонент:

- 2 вида фитопланктона;
- 2 вида зоопланктона;
- бактериопланктон;
- Noctiluca;
- кислород;
- Растворенный и взвешенный органический азот;
- нитраты и аммоний;
- сероводород;
- нитриты;
- растворенный и взвешенный марганец;
- сульфид марганца;
- сера

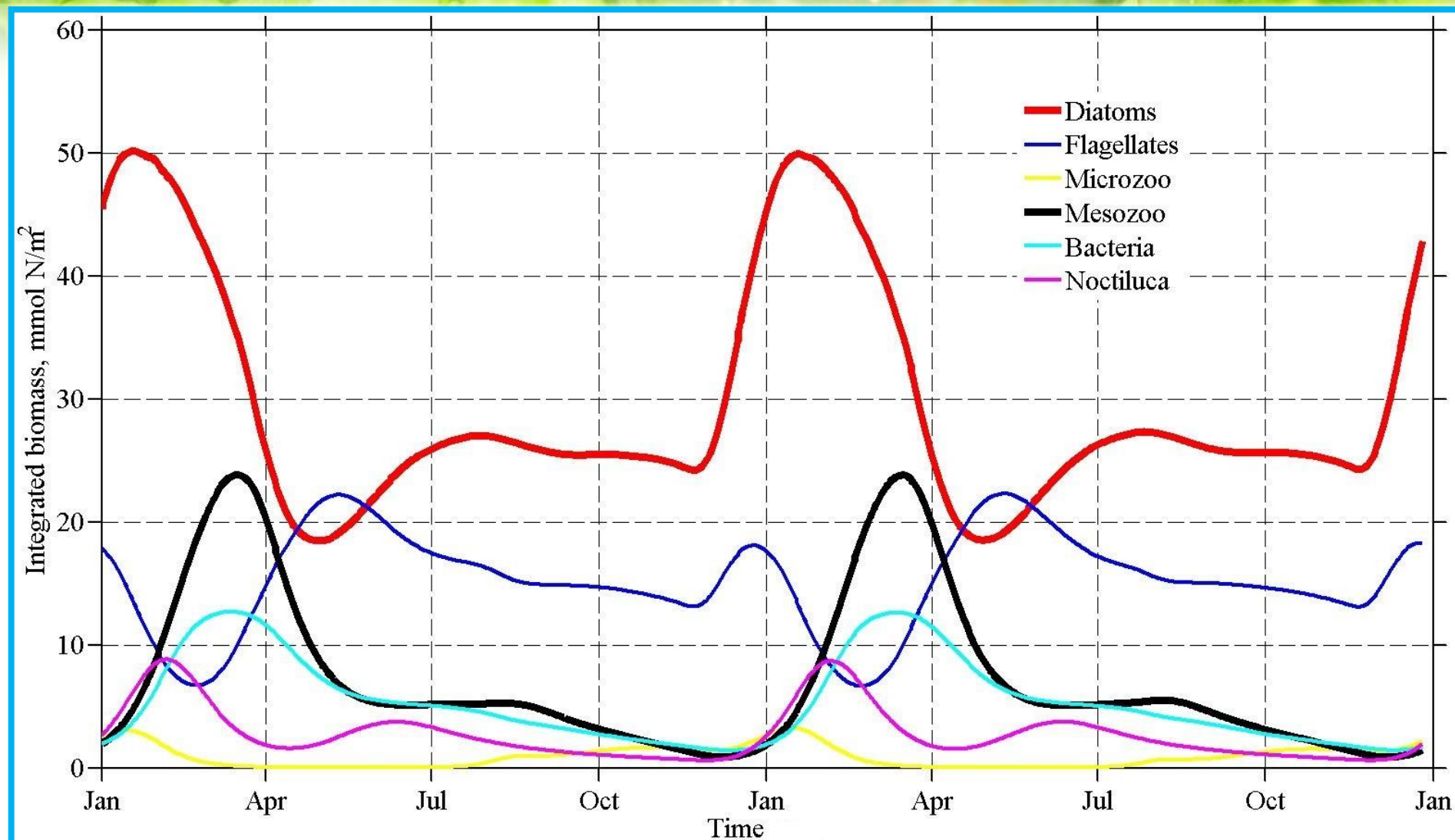


Температура



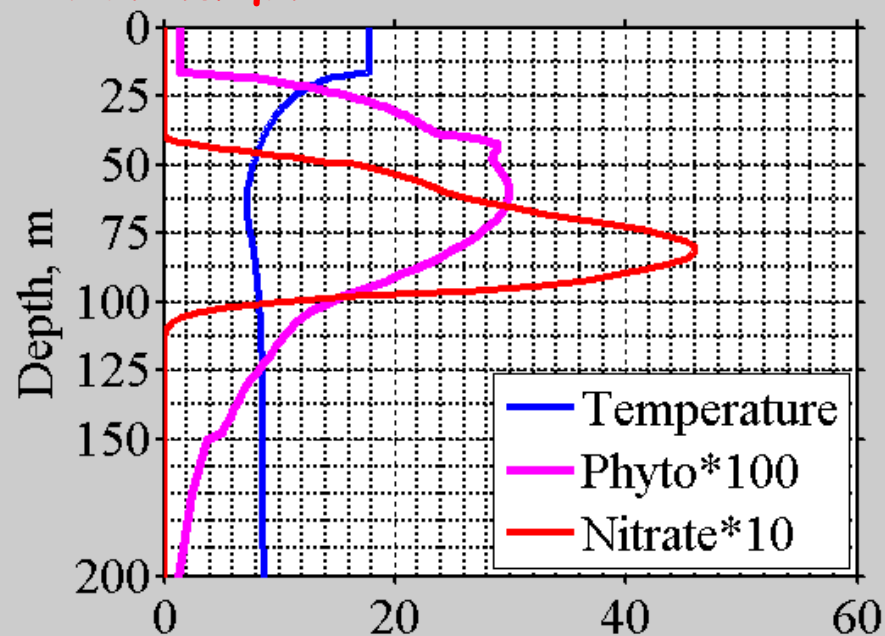
Соленость

# Сезонная изменчивость интегральной биомассы основных биологических параметров по модельным расчетам



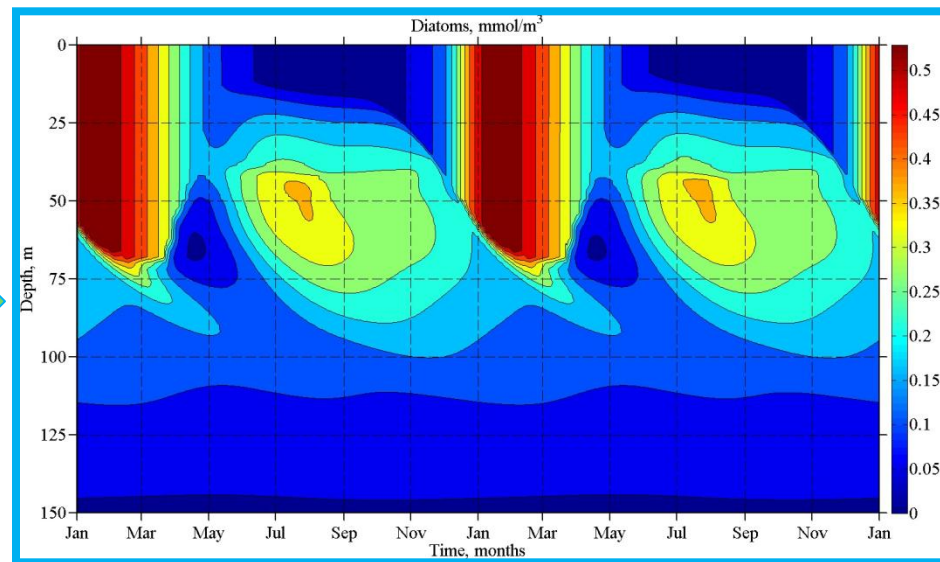
Анимация

26 Sep 20



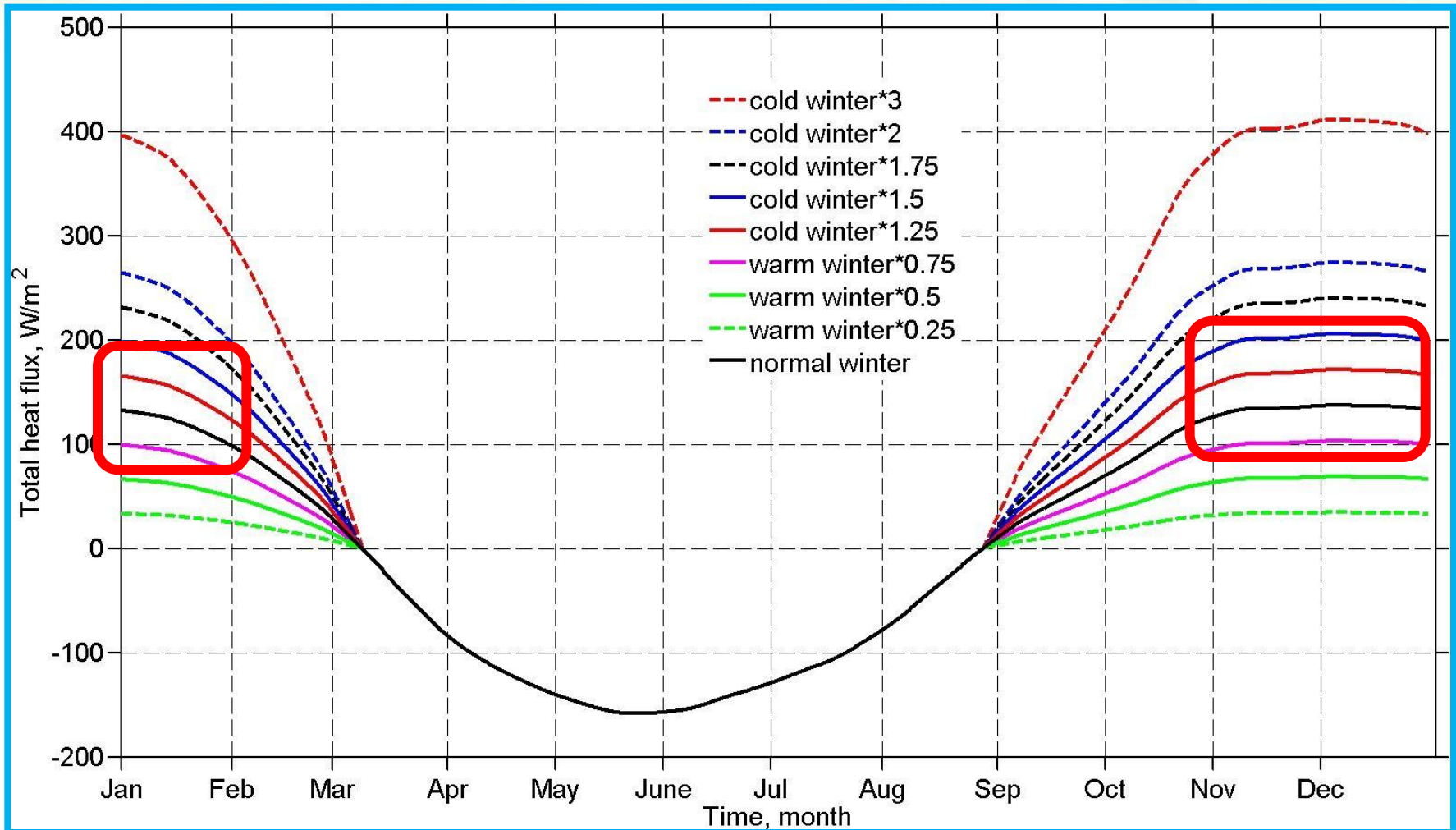
Временная  
изменчивость  
профиля  
температуры,  
фитопланктона и  
нитратов

Диаграмма сезонной  
изменчивости фитопланктона  
в слое 0-150 м по  
модельным расчетам

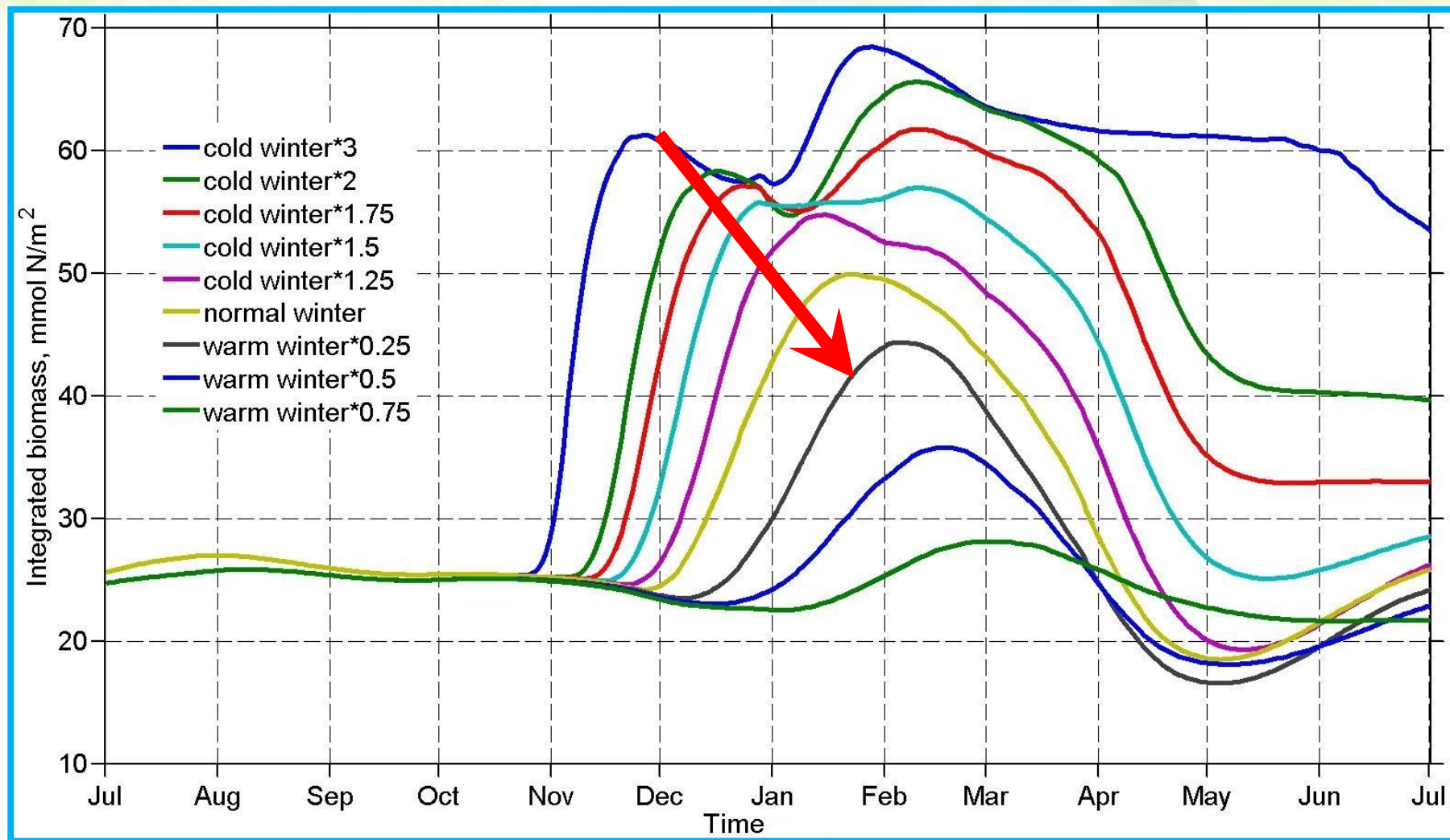




# Годовой ход суммарного потока тепла для различных модельных экспериментов

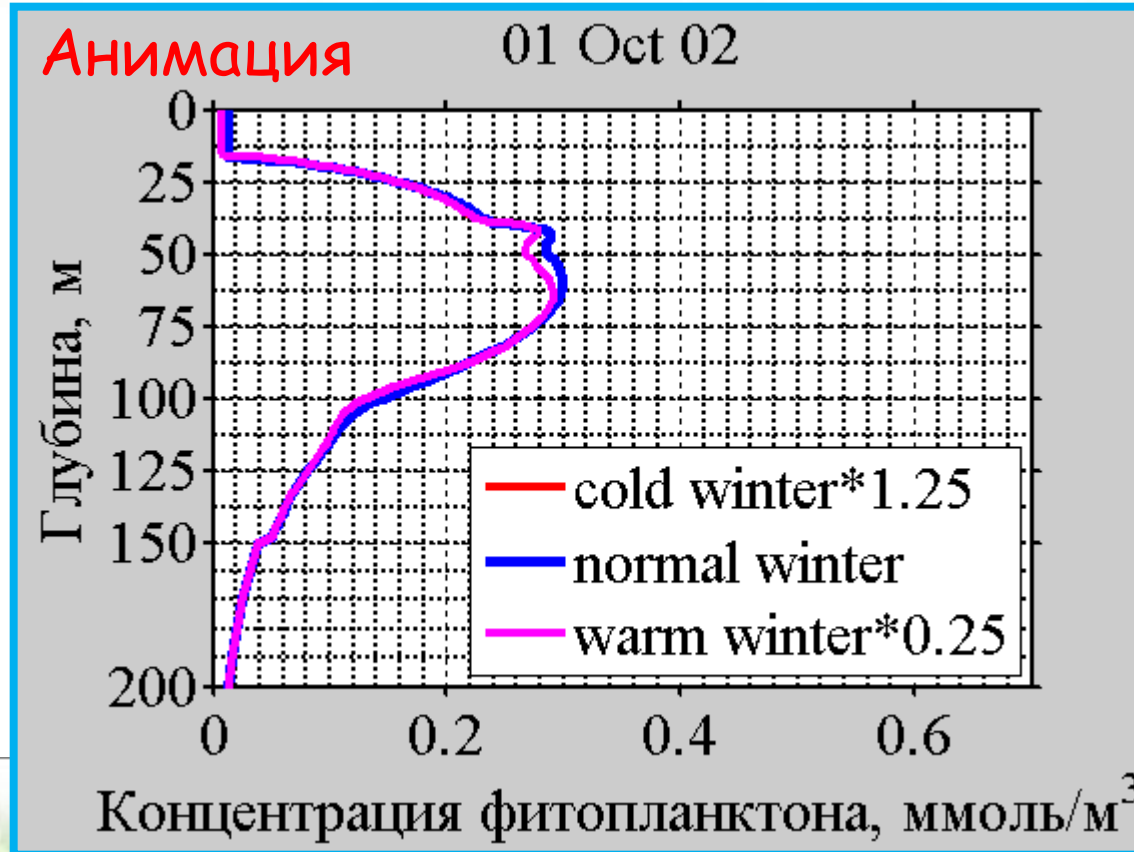


# Сезонная изменчивость интегральной биомассы фитопланктона по модельным расчетам с различными потоками тепла



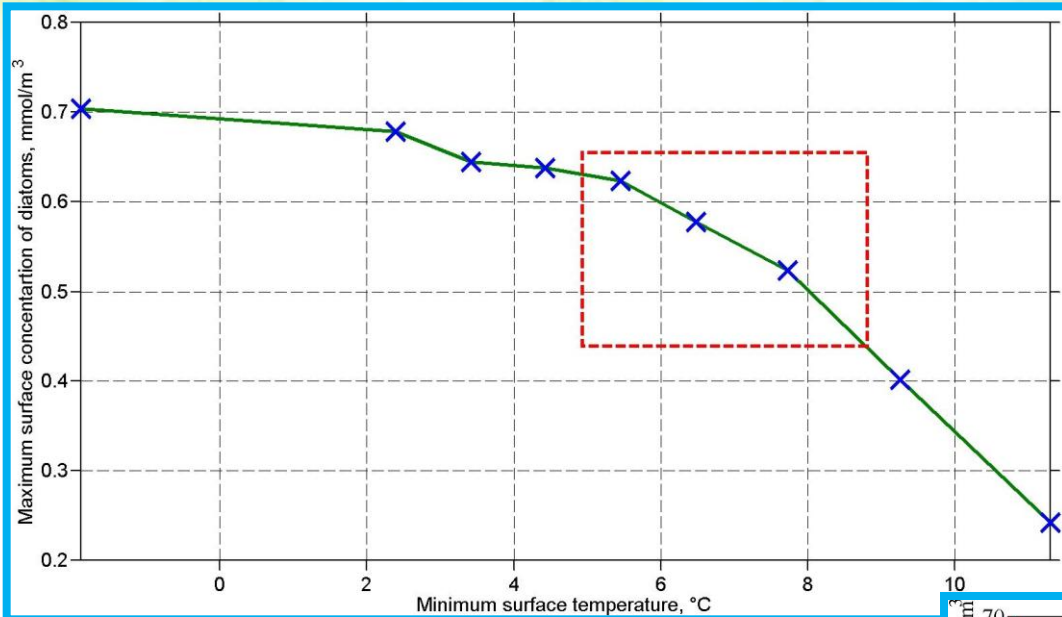


# Временная изменчивость профиля фитопланктона по модельным расчетам с различными потоками тепла



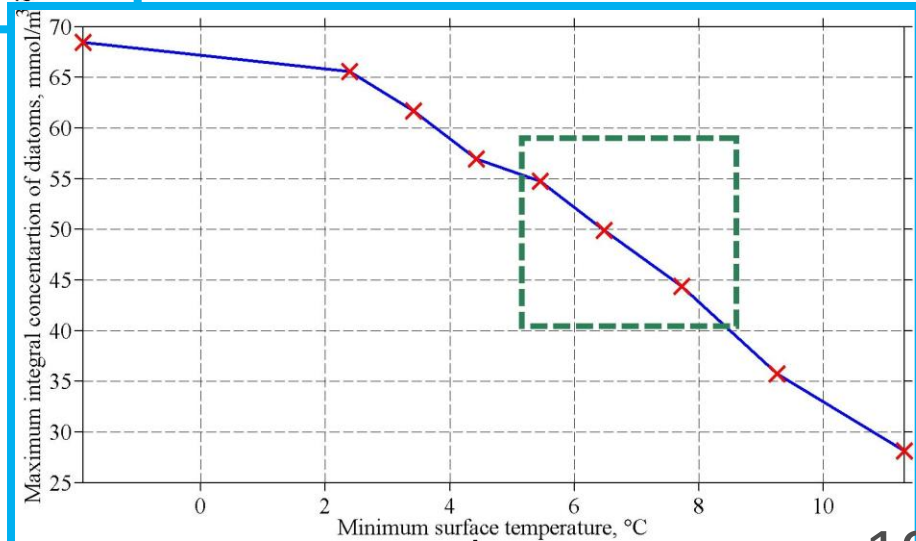


# Влияние интенсивности зимней конвекции на цветение фитопланктона



Зависимость максимальной поверхностной концентрации фитопланктона от минимальной поверхностной температуры, по модельным расчетам

Зависимость максимальной интегральной концентрации фитопланктона от минимальной поверхностной температуры, по модельным расчетам



# ВЫВОДЫ

- Сезонная изменчивость фитопланктона характеризуется одним пиком цветения в зимний период. Модельные расчеты показали, что важное значение на цветение оказывает интенсивность освещения.
- Модельные расчеты показали, что чем холоднее зима, тем интенсивнее зимнее перемешивание и как следствие наблюдаются более высокие концентрации фитопланктона. В холодные зимы пик цветения наблюдается раньше, чем в годы с теплой зимой.
- Эксперименты с различными потоками тепла показали, что интегральная и поверхностная биомасса фитопланктона меняется линейно в зависимости от поверхностной температуры. При изменении потока тепла на 25 % максимальная интегральная биомасса меняется на 10 %. Такая же тенденция наблюдается для поверхностной концентрации фитопланктона.



## Следующие шаги

- ✓ провести расчеты с реальной межгодовой изменчивостью потоков тепла;
- ✓ оценить относительные вклады зимнего перемешивания и горизонтального кросс-шельфового обмена биогенами на интенсивность цветения фитопланктона.



The background is a vibrant green with a soft, ethereal glow. It features several large, detailed snowflakes in a light green color. Interspersed among the snowflakes are clusters of holly leaves with serrated edges and small, round red berries. Numerous small, golden-yellow bokeh lights are scattered throughout the scene, creating a sparkling effect. The overall composition is festive and celebratory.

**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!**