



*** Современные методы
определения и оценки первичной
продукции в морях и океанах**



Современные методы определения и оценки первичной продукции в морях и океанах

Авторы:

Сотрудники Института океанологии им. П.П. Ширшова
РАН

Снс, канд. биол. наук Демидов А.Б.,

Снс, канд. биол. наук Мошаров С.А.

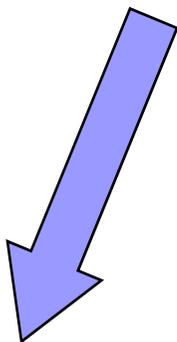
Москва, 2013 г.

Первичная продукция это результат новообразования органических веществ из минеральных в ходе автотрофных процессов: фотосинтеза и хемосинтеза

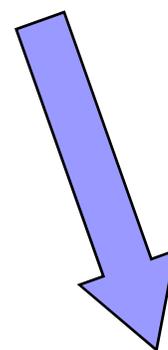
В узком смысле первичная продукция водоемов – количество ассимилированного фитопланктоном органического вещества в процесс фотосинтеза



Изучение первичной продукции



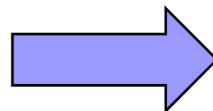
**Биогеохимический
аспект**



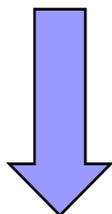
**Экологический
аспект**



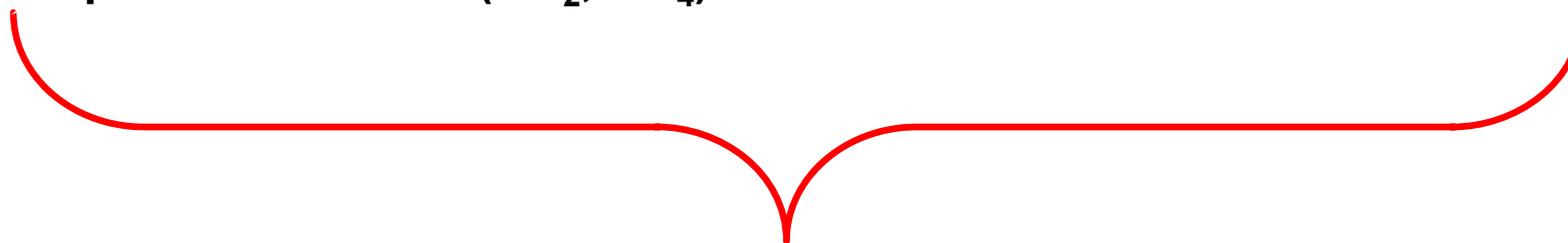
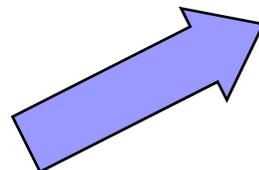
**Техногенная деятельность
человека и естественные
процессы**



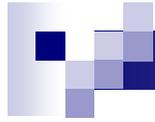
**Изменение естественных
биогеохимических циклов
веществ на Земле**



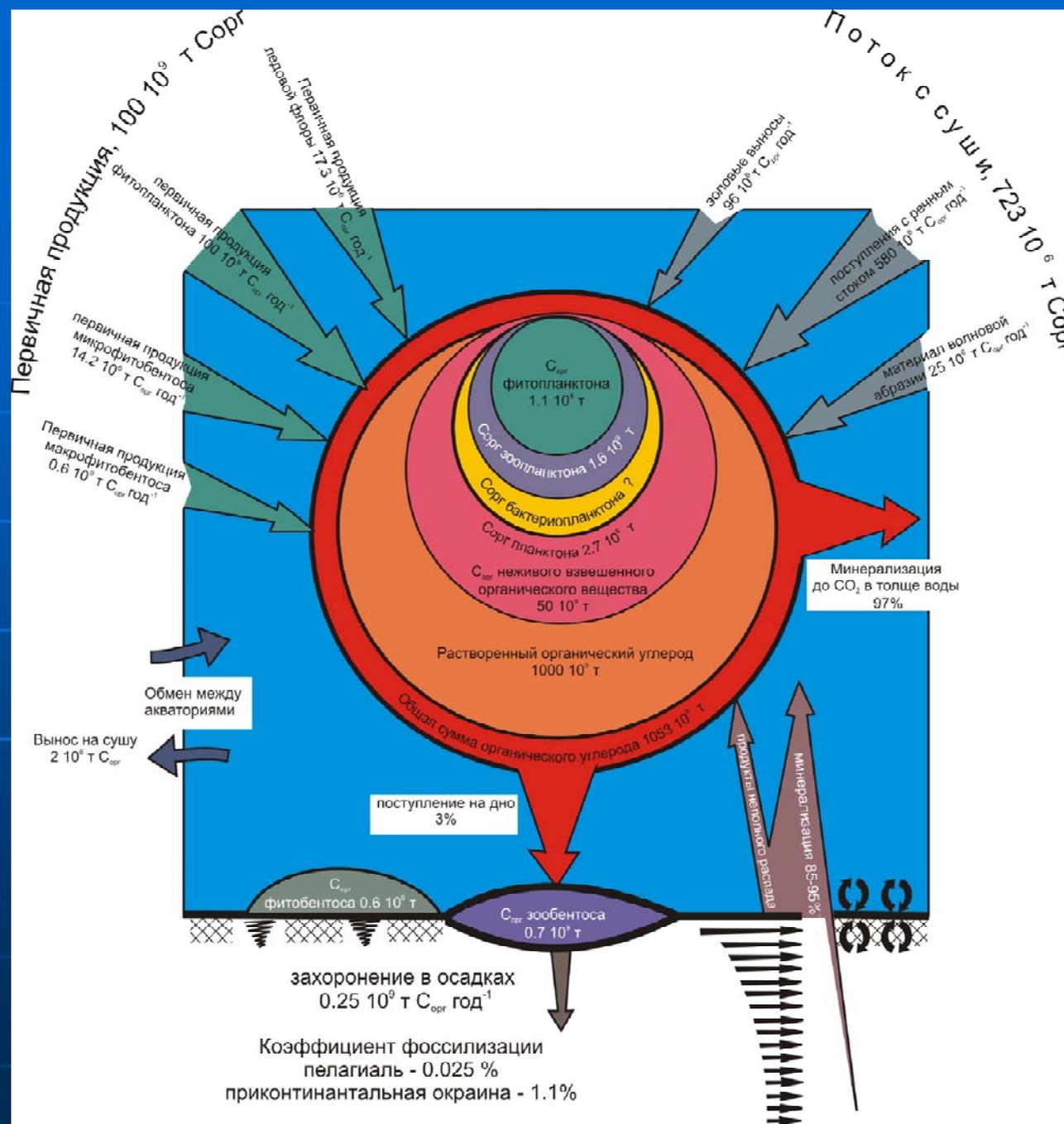
**Увеличение в атмосфере
парниковых газов (CO₂, CH₄)**



**Исследования изменчивости глобального цикла углерода
считается одной из важнейших задач наук о Земле**



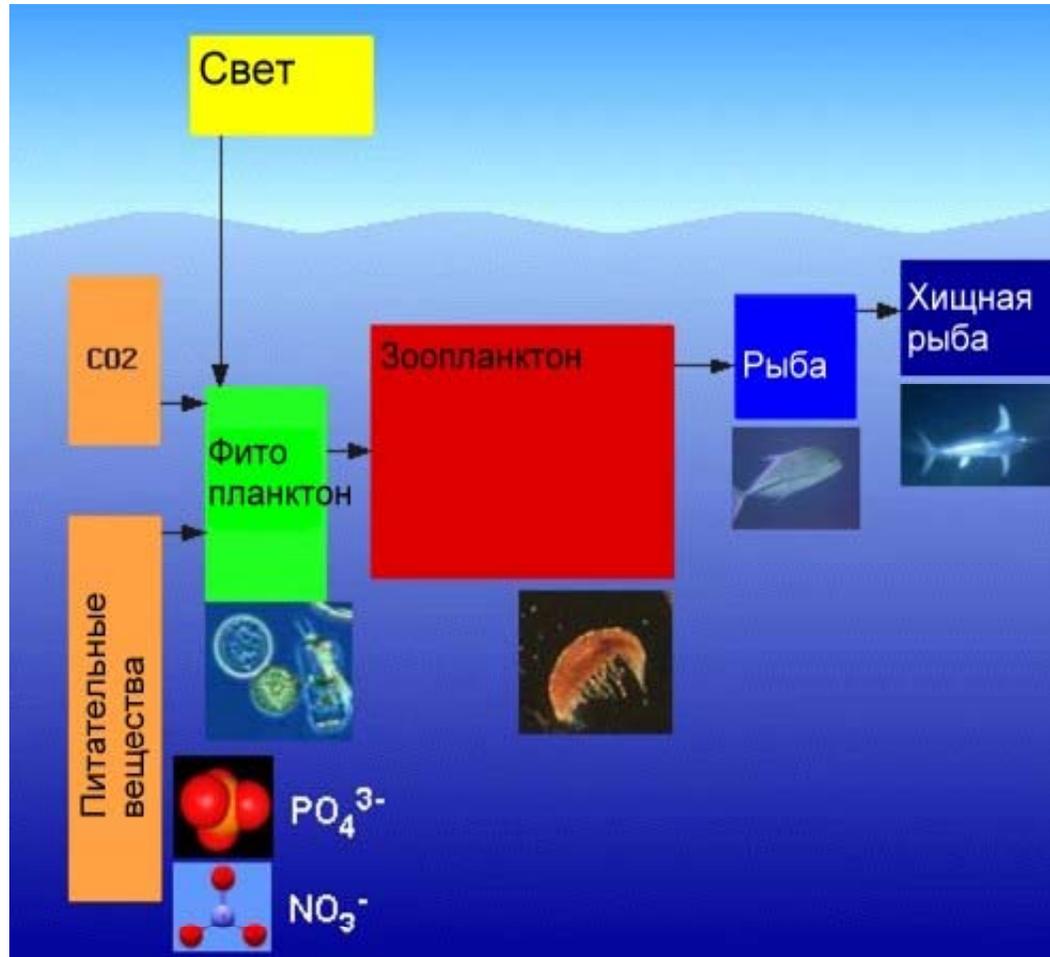
- 1. Океан – важнейшее звено в глобальном балансе CO_2**
- 2. Общее количество CO_2 в океане в 50 раз больше, чем в атмосфере**
- 3. Даже небольшие изменения обменного потока углекислого газа между океаном и атмосферой могут существенно изменить концентрацию в ней CO_2**



Потоки углерода в Мировом океане (Романкевич и др., 2008)

Одним из основных путей включения углерода в биогеохимические циклы является первичное продуцирование органического вещества в процессе фотосинтеза. При этом органическое вещество в океане синтезируется из CO_2 , поступающего в воду из атмосферы, и растворенных минеральных веществ, в основном азота и фосфора. Интенсивность первичного продуцирования и годовая величина синтезированного при этом органического углерода являются основными характеристиками круговорота этого элемента.

Экологический аспект изучения первичной продукции



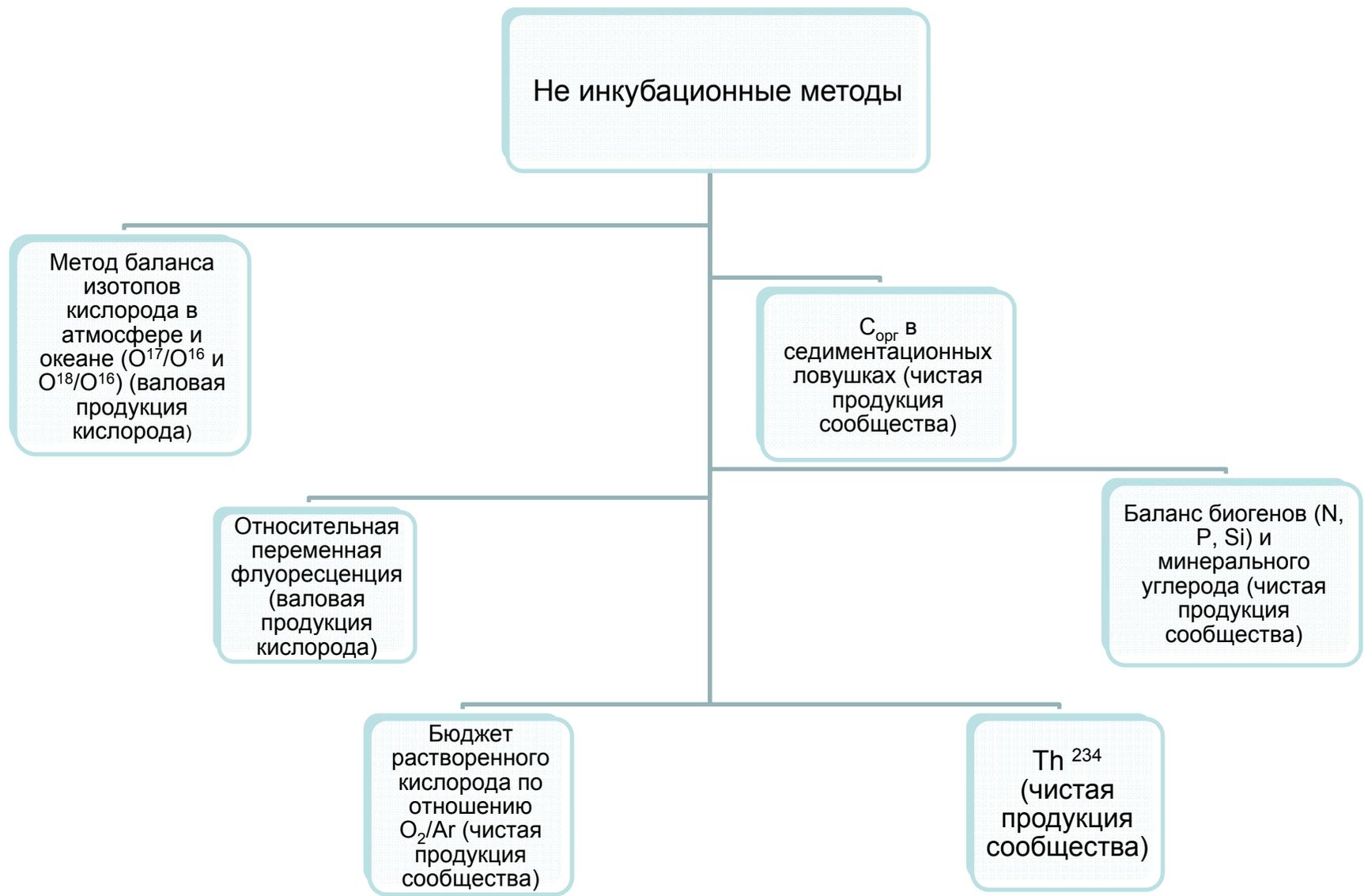
Адекватная оценка годовых величин первичной продукции позволяет количественно оценить общую биологическую продуктивность океанических регионов и объемы «первопищи» (фитопланктона), доступной высшим трофическим уровням (промысловые беспозвоночные, рыбы, млекопитающие)

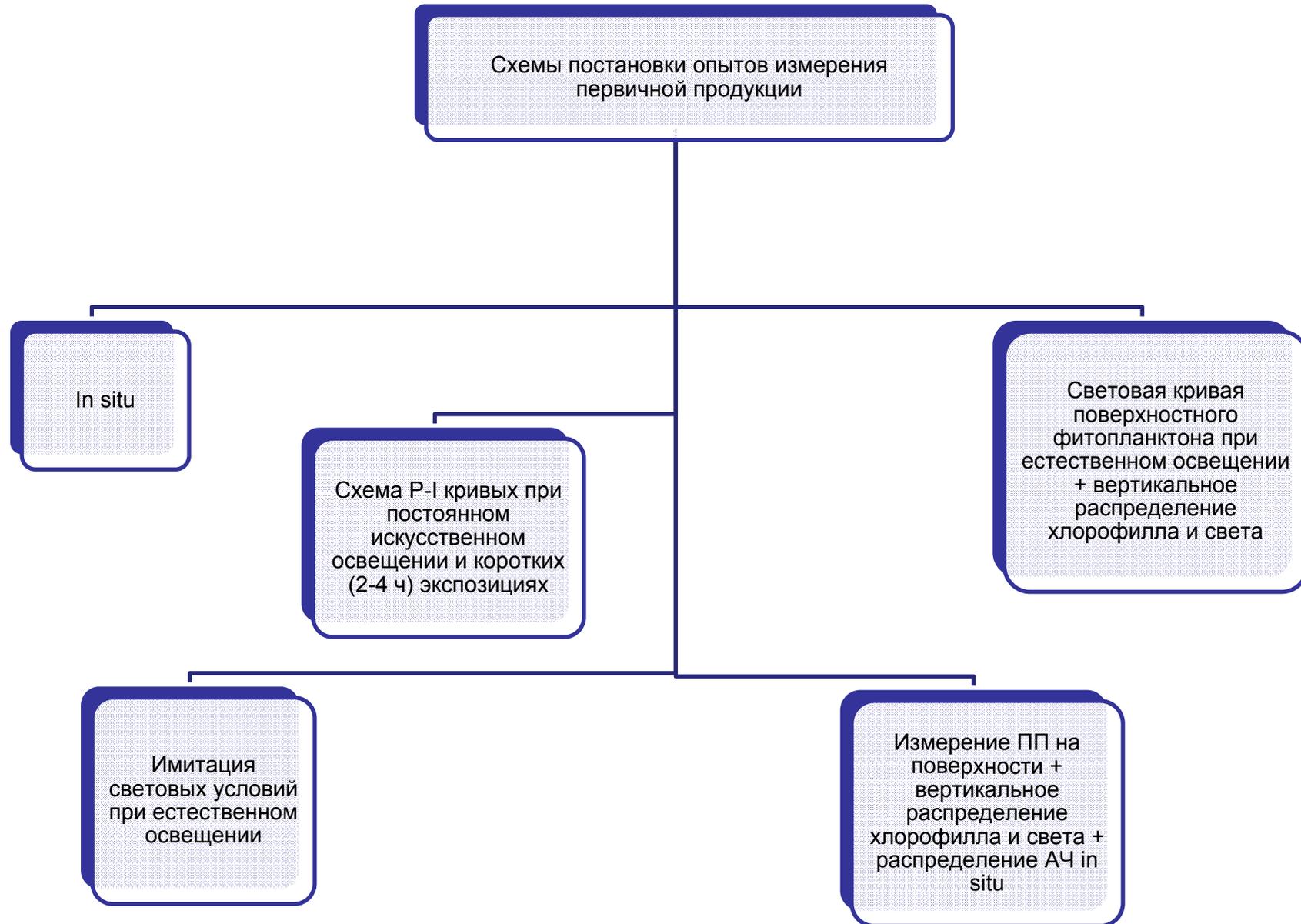
**Методы
определения
первичной
продукции**

**Инкубационные
(скляночные)**

**Не
инкубационные**







Оценки годовой
первичной
продукции регионов

```
graph TD; A[Оценки годовой первичной продукции регионов] --> B[По экспедиционным данным сезонных изменений среднемноголетних величин]; A --> C[По спутниковым данным с использованием моделей];
```

По экспедиционным
данным сезонных
изменений
среднемноголетних
величин

По спутниковым
данным с
использованием
моделей

По принципу использования входящих параметров модели (хлорофилл, проходящая радиация) – 4 типа (Carr et al., 2006):

1. Интегрированные по глубине и длинам волн (WIDI – wavelength- and depth-integrated)
2. С вертикальным разрешением по глубине и интегрированные по длинам волн (WIDR - wavelength-integrated and depth-resolved)
3. С вертикальным разрешением как по глубине, так и по длинам волн (WRDR – wavelength- and depth-resolved)
4. Модели, использующие расчеты глобальной циркуляции (GCM-based models)

В настоящее время существует более 30-ти моделей расчета первичной продукции, использующихся для оценки ее годовой величины

Классификация моделей по основному биотическому компоненту, из которого рассчитывается первичная продукция (Behrenfeld, Falkowski, 1997; Behrenfeld et al., 2005):

Хлорофилл (Chl-based models)

$$\Sigma PP = Chl_0 \times Z_{eu} \times AN_{max} \times DL \times f(E_0)$$

Углерод (C-based models)

$$\Sigma PP = C \times \mu \times Z_{eu} \times f(E_0), \text{ где}$$

ΣPP – первичная продукция в столбе воды;

Chl_0 – концентрация хлорофилла «а» на поверхности;

AN_{max} – максимальная удельная скорость фотосинтеза (ассимиляционное число);

C – биомасса фитопланктона;

μ - скорость роста фитопланктона;

DL – длительность светового дня;

Z_{eu} – толщина эвфотического слоя (1% E_0);

$f(E_0)$ – параметр фотоадаптации

Классификация моделей по характеру использования света при фотосинтезе

Входящие параметры по солнечной радиации

- 1. Данные по приходящей ФАР**
- 2. Данные по поглощенной ФАР**
- 3. Данные по спектральному составу света**

Спутниковые данные для модельных расчетов первичной продукции

Для Chl-based models

- Концентрация хлорофилла на поверхности
- Приходящая фотосинтетически активная солнечная радиация
- Поверхностная температура (T_0) для расчета AN_{\max} и μ :

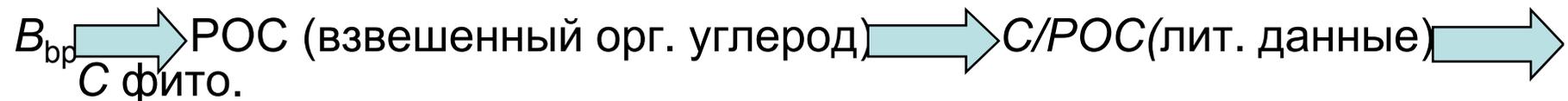
$$AN_{\max} = 0.118 \times T_0 + 1.25 \text{ (Megard, 1972)}$$

$$\mu = 10^{0.0275 \times T_0 - 0.07} \text{ (Eppley, 1972)}$$

- Глубина эвфотического слоя

Для C-based models

- Коэффициент обратного рассеивания (b_{bp}) для расчета биомассы фитопланктона:



Точность оценки первичной продукции Мирового океана

- Величина годовой первичной продукции Мирового океана, рассчитанная по разным моделям варьирует от 44 до 67 Gt C
- Разница составляет 23 Gt C, что приблизительно равняется годовой первичной продукции Тихого океана
- Таким образом, точность оценки составляет \pm океан
- Модельные величины первичной продукции отличаются от измеренных *in situ* в 2 раза в большую или меньшую сторону
- Большинство моделей занижает величину первичной продукции
- Точность расчета не зависит от сложности или типа модели

Преимущества и трудности использования спутниковой информации

- Несомненное достоинство – пространственно-временной охват
- Долговременную изменчивость продукционных характеристик фитопланктона на современном уровне невозможно оценить без спутниковых данных
- Без спутниковой информации невозможно провести оценку глобальной величины первичной продукции
- Для оценки первичной продукции приходится использовать среднемесячные величины, как наиболее репрезентативные
- Это приводит к недооценке первичной продукции из-за отсутствия данных, недоступных из-за облачности, в наиболее продуктивный период месяца

Некоторые источники ошибок оценки первичной продукции

Ошибки, связанные с использованием спутниковой информации

- Недооценка из-за пропуска периодов повышенной продуктивности (напр.: «цветение» фитопланктона, кратковременное увеличение продукции во время прохождения циклонов и др.)
- Трудности определения особенностей вертикального распределения фитопланктона
- Несовершенство алгоритмов расчета содержания хлорофилла и биомассы фитопланктона
- Недостаток данных для разработки региональных алгоритмов расчета биооптических показателей

Ошибки, связанные с несовершенством моделей расчета первичной продукции

- Недостаток экспериментальных данных для понимания закономерностей формирования первичной продукции в океане (напр.: связь параметров адаптации: ассимиляционного числа, отношения хлорофилл/углерод фитопланктона с абиотическими и биотическими факторами среды)
- Ограниченность базы данных об особенностях вертикального распределения хлорофилла и удельного содержания хлорофилла в клетках фитопланктона
- Практическое отсутствие региональных моделей расчета первичной продукции

Пути совершенствования оценок первичной продукции

- **Увеличение количества натуральных измерений скорости фотосинтеза параллельно с абиотическими и биотическими факторами среды**
- **Расширение баз данных по физиологическим показателям фитопланктонных сообществ (напр.: параметры световых кривых фотосинтеза, квантовый выход, коэффициент поглощения света пигментной системой, удельное содержание хлорофилла в клетках)**
- **Разработка региональных алгоритмов расчета хлорофилла и первичной продукции**
- **Совершенствование моделей - два пути:
Улучшение качества входящих параметров и коэффициентов, основанных на совершенствовании знаний экологии и физиологии океанического фитопланктона.
Усложнение формул расчетных алгоритмов за счет увеличения входящих параметров.**