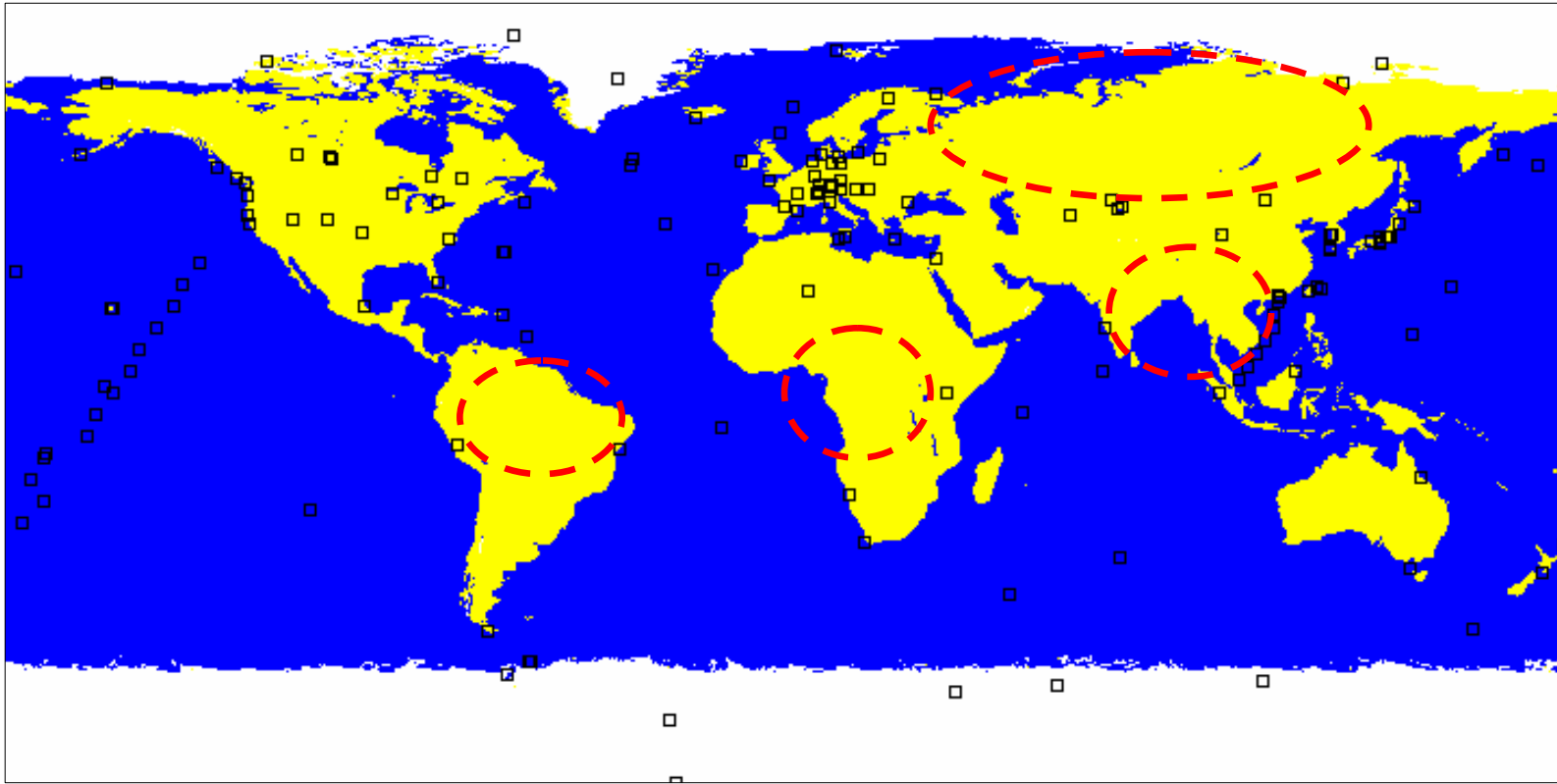


**Прогнозирование реакции  
биосферы  
на антропогенное изменение  
характеристик  
глобального цикла углерода**

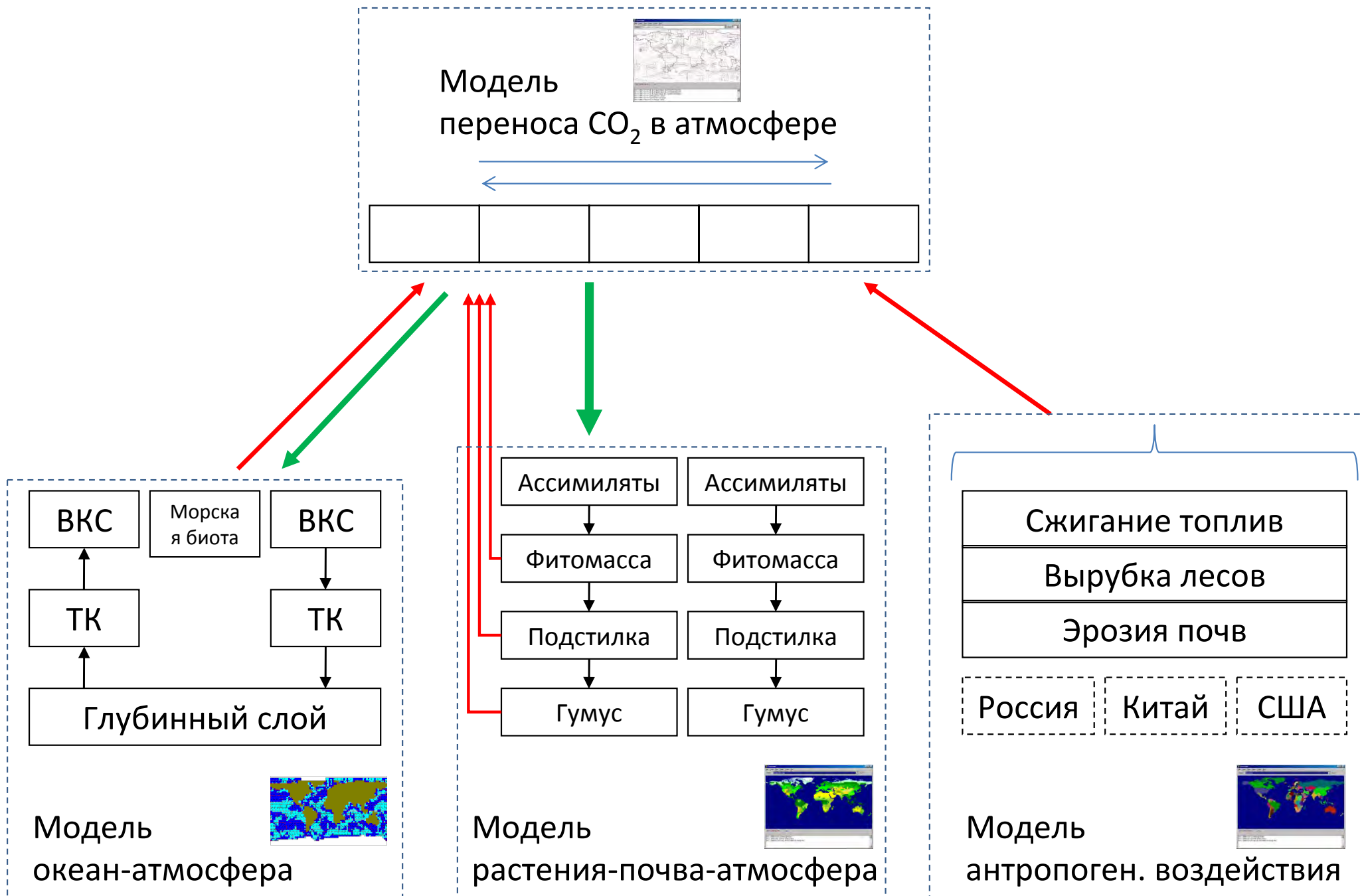
Авторы: Тарко А.М.  
Усатюк В.В.

# Лакуны в данных измерения

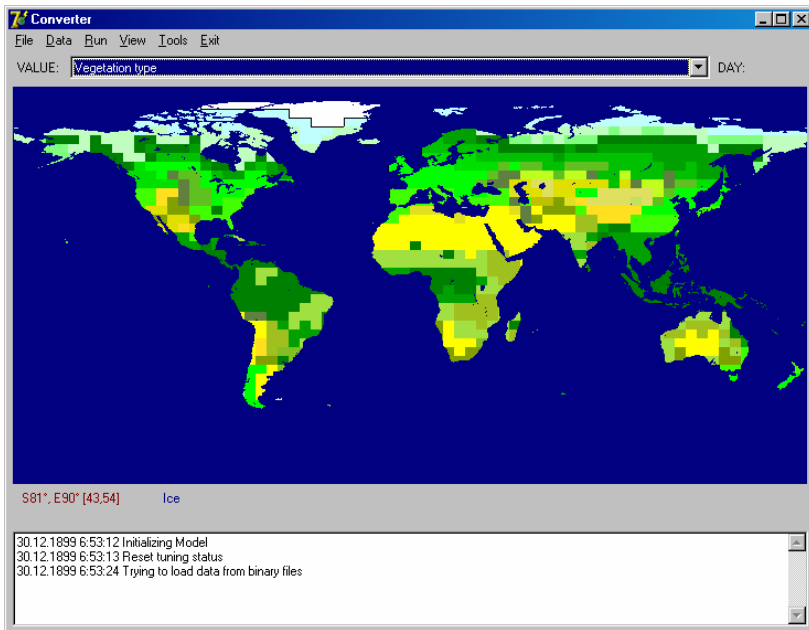


На обширных территориях, занятых высокопродуктивными лесными экосистемами, измерение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере никогда не проводилось (или не проводится регулярно).

# Общая структура модели



# Модель наземной биоты



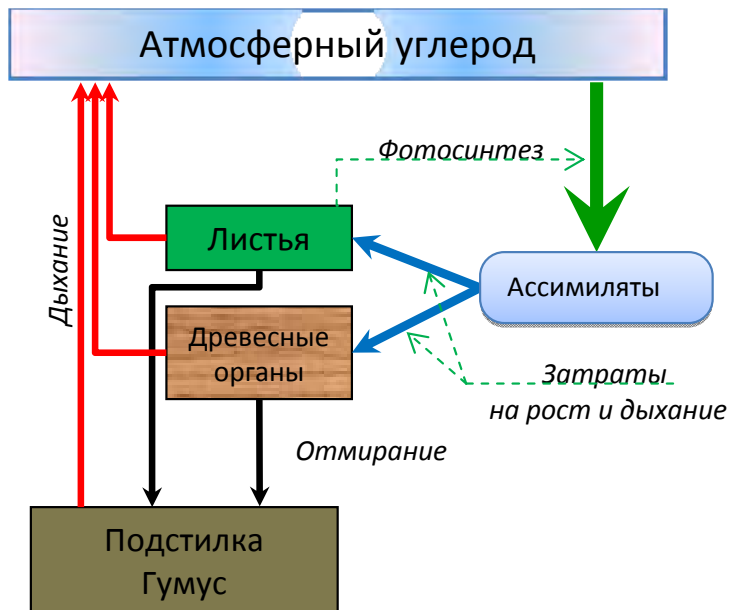
Базовое пространственное разрешение:  $4^\circ \times 5^\circ$   
Базовое временное разрешение: 1 сутки

Каждая ячейка суши занята одним из 30 типов растительности по классификации Н.И.Базилевич.

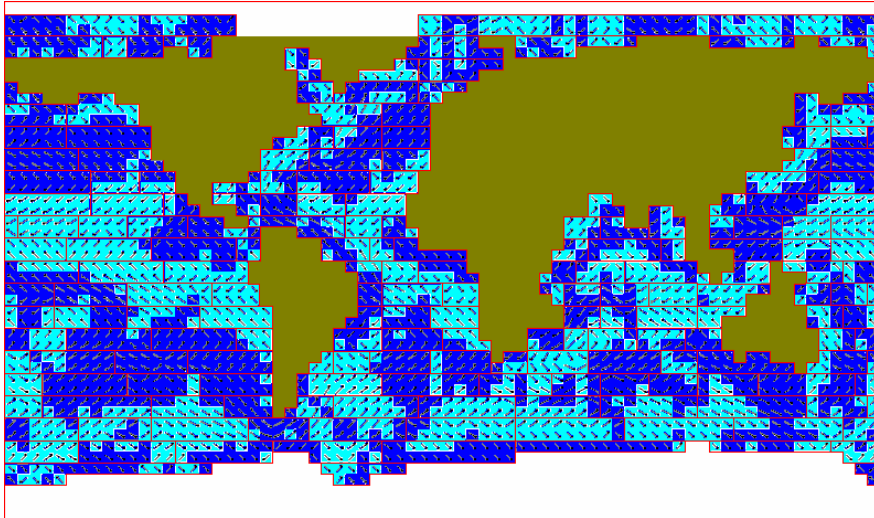
В каждой ячейке моделируются физиологические процессы в растениях:

- фотосинтез,
- рост,
- дыхание,
- отмирание,
- эвапотранспирация

Также моделируются разложение подстилки и гумуса.

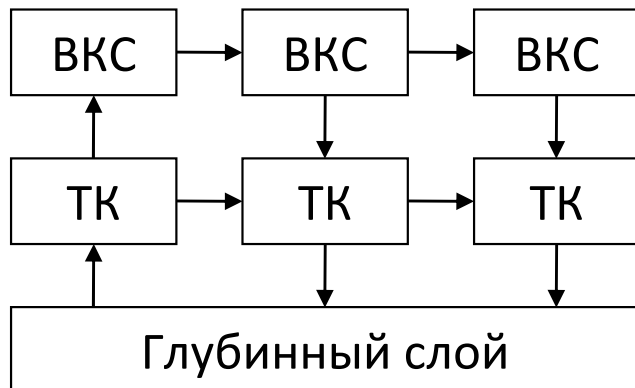


# Модель океана



Базовое простр.разрешение:  $4^\circ \times 5^\circ$   
Базовое временное разрешение: 1 мес.

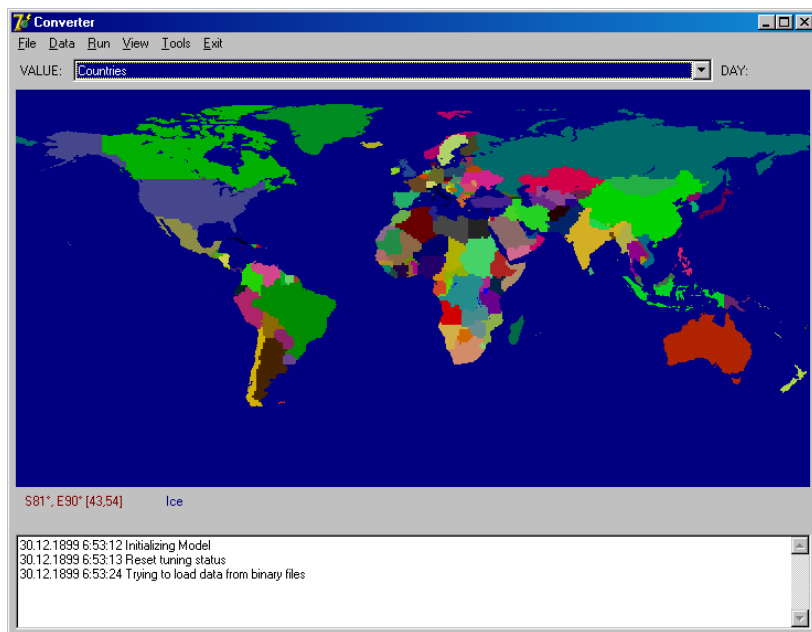
Используются результаты расчётов на пространственной модели глобального цикла углерода в системе атмосфера – океан (Тарко, Нефёдова, Перванюк)



Океан поделён на блоки (ВКС и ТК – по 185, ГС – 1). Каждый блок занимает целое к-во ячеек сетки  $4^\circ \times 5^\circ$ .

- Структура течений жёстко задана.
  - Циклы углерода и азота.
  - Перенос неорганических форм углерода и азота
- Биотические процессы:
- Активность фито- и зоопланктона.
  - NPP фитопланктона.

# Модель антропогенного воздействия



Базовое пространственное разрешение:  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$

Базовое временное разрешение: 1 год

Используется блок антропогенных воздействий из Глобальной пространственной модели глобального цикла углерода в биосфере ВЦ РАН.

Сценарий:

- эрозия почвы - 0.15% в год
- вырубка лесов – данные до 2010 г. (0.6%)
- сжигание топлив – данные CDIAC (до 2010 г), далее ежегодное увеличение на 1.3%

Интенсивность антропогенных потоков углерода

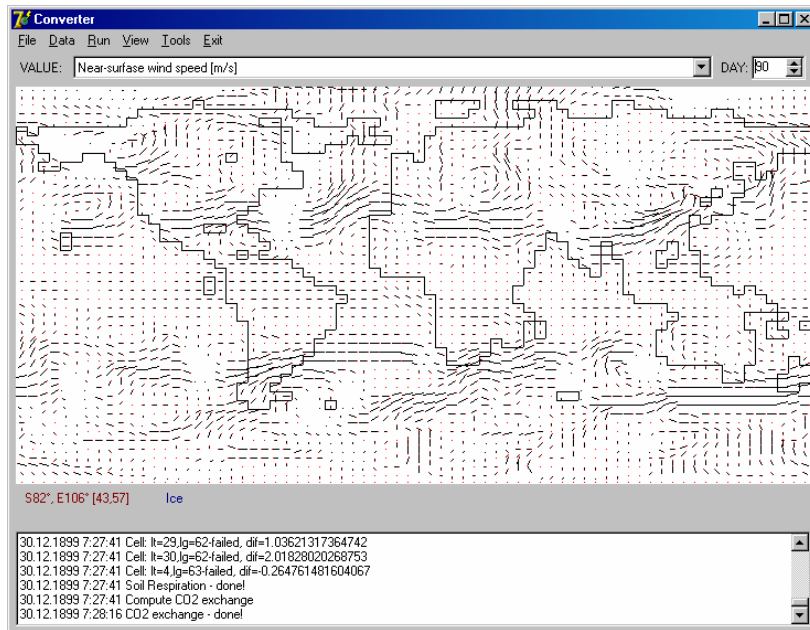
- для каждой страны - одинакова во всех ячейках
- для каждой ячейки - постоянна в течение года

Источники данных :

CDIAC - ежегодное потребление сжигаемых топлив в различных странах

FAO - вырубка лесов, land-use, эрозия почв

# Модель переноса CO<sub>2</sub> в атмосфере



Базовое простр.разрешение: 4° × 5°  
Кол-во уровней по высоте: 2  
Базовое временное разрешение: 22.5 мин

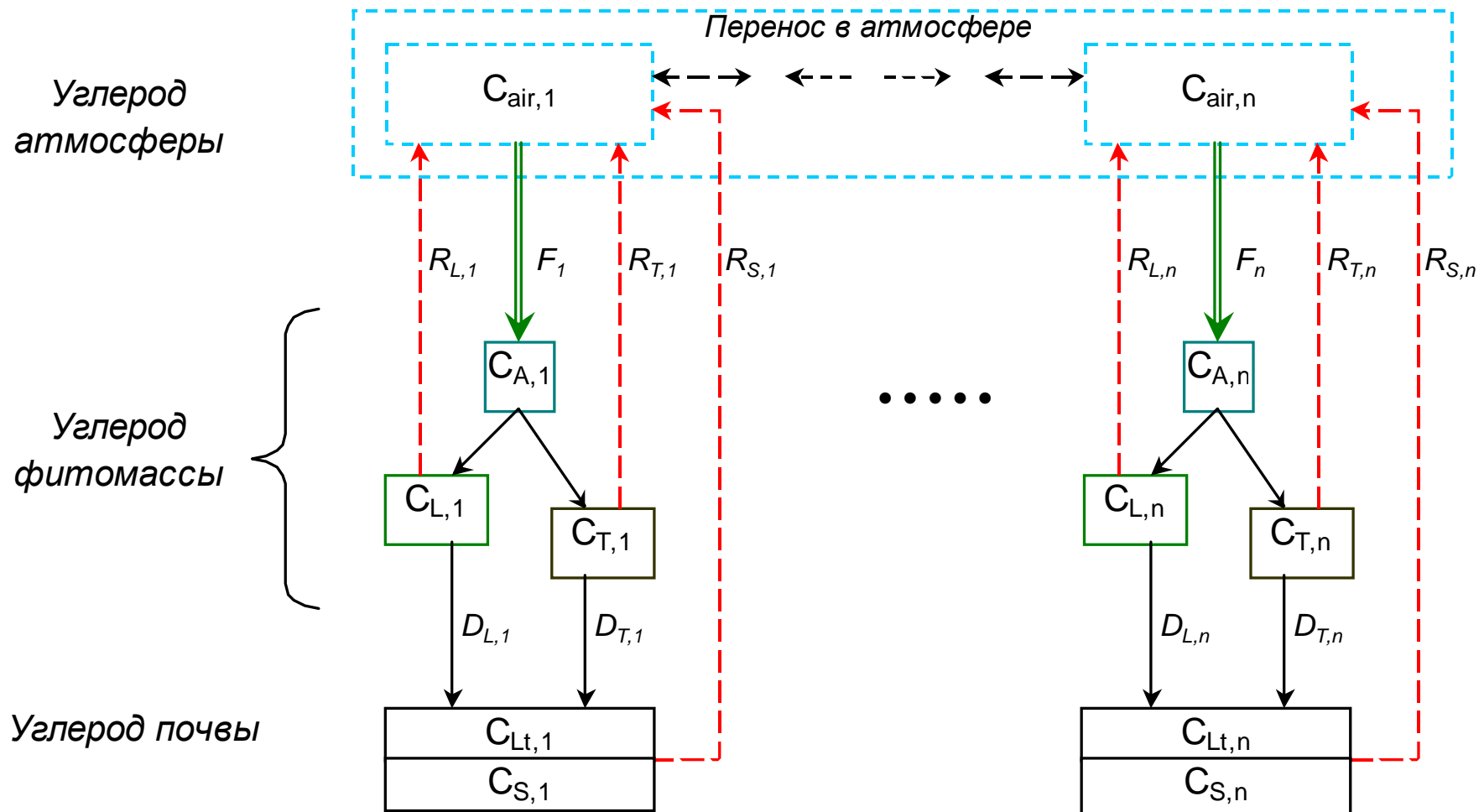
Решается задача о переносе малой пассивной примеси в заданном поле скоростей.

Входные данные полей скоростей берутся из климатической модели ВЦ РАН.

В данной модели повторяется сетка, данные и вычислительная схема из используемой ОЦА.

Данный подход к применим в случае согласованных сценариев ОЦА и модели биосферы (например, для расчёта состояния биосферы при увеличенной концентрации CO<sub>2</sub> надо использовать климатические данные, полученные в аналогичном сценарии ОЦА).

# Модель наземной биоты





# Система уравнений углеродного баланса

$$\frac{d}{dt}M_L = \tilde{G}_L - \tilde{D}_L$$

$$\frac{d}{dt}M_T = \tilde{G}_T - \tilde{D}_T$$

$$\frac{d}{dt}M_A = \tilde{F} - \Sigma R_V - \tilde{G}_L - \tilde{G}_T$$

$$\frac{d}{dt}M_{Lt} = \tilde{D}_L + \tilde{D}_T - R_{Lt} - \tilde{D}_{Lt}$$

$$\frac{d}{dt}M_S = \tilde{D}_{Lt} - R_S$$

$$\tilde{G}_T = k_{GT}^{\{i\}} \cdot M_T \cdot f_{GTA}(M_A) \cdot F_{GT}(h_T, t)$$

$$\tilde{G}_L = k_{GL}^{\{i\}} \cdot M_L \cdot f_{GLA}(M_A) \cdot F_{GL}(h_L, t)$$

$$\tilde{D}_L = k_{DL}^{\{i\}} \cdot M_L \cdot F_{DL}(h_L, T_a, W_s)$$

$$\tilde{D}_T = k_{DT}^{\{i\}} \cdot M_T \cdot F_{DT}(h_T, T_a, W_s)$$

$M_L$  – углерод листьев (поверхностная плотность массы углерода, кг.С/м<sup>2</sup>);

$M_T$  – углерод стволов и корней;

$M_A$  – углерод ассимилятов;

$\tilde{G}_L$  – слагаемое суточного "чистого" прироста массы листьев;

$\tilde{G}_T$  – слагаемое суточного "чистого" прироста массы стволов и корней;

$\tilde{D}_T$  – слагаемое суточного "чистого" отмирания массы стволов и корней;

$\tilde{D}_L$  – слагаемое суточного "чистого" отмирания массы листьев;

$\tilde{F}$  – "чистый" суточный фотосинтез (поверхностная плотность брутто-фотосинтеза);

$\Sigma R_V$  – суммарное суточное автотрофное дыхание (дыхание всех фракций фитомассы).

# Схема настройки модели экосистемы



Настройка модели экосистемы:

- 1.Подбор параметров
- 2.Счёт на установление
- 3.Проверка
- 4.Коррекция

8-этапная настройка совмещена с сохранением промежуточных результатов. Ускоряет процесс настройки в 20-50 раз.



# Схема настройки модели биоты

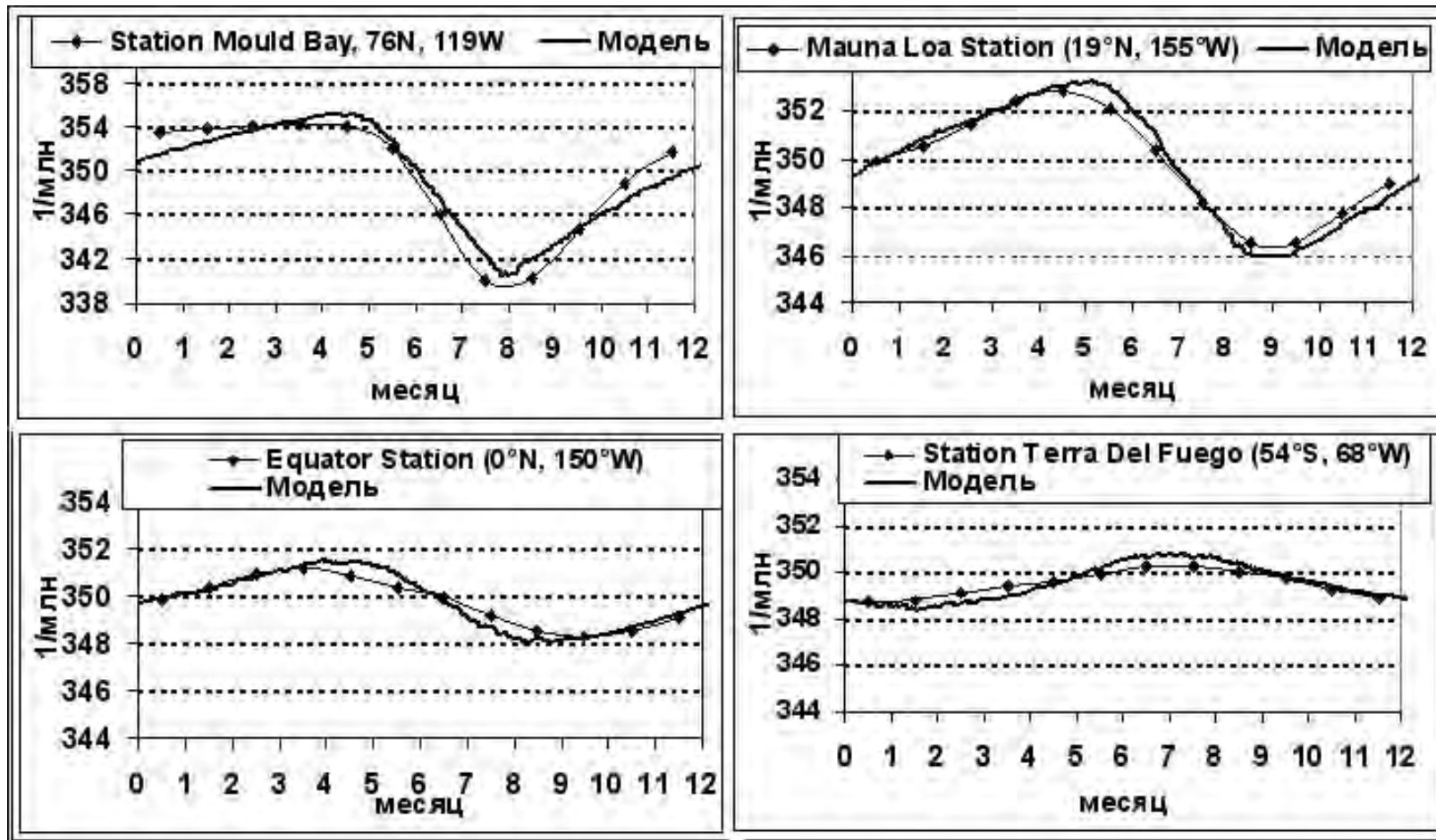
Цель:

получить периодическое решение путём подбора параметров при заданном «эталонном» климатическом сценарии и заданных ограничениях.

«Эталонный» климатический сценарий соответствует

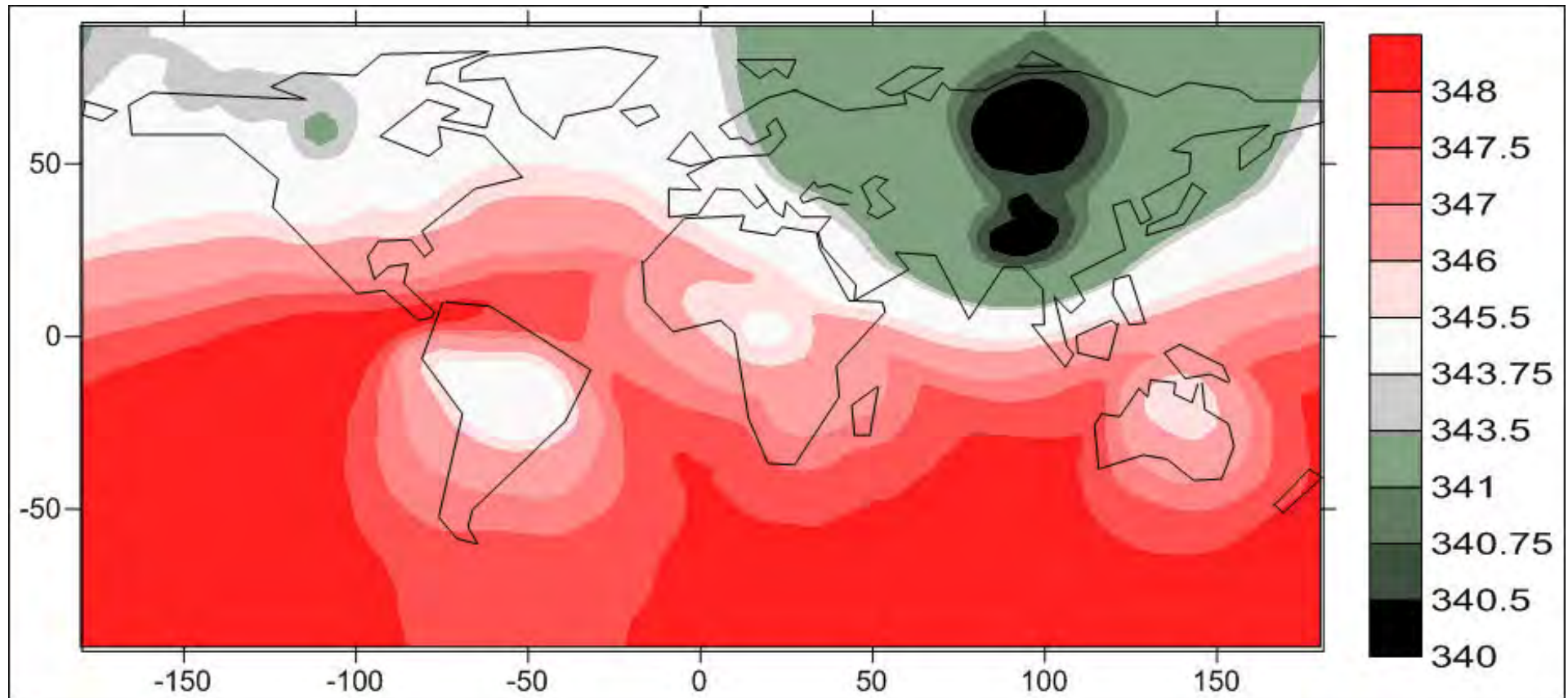


# Моделирование концентрации CO<sub>2</sub>



Удовлетворительное соответствие результатов моделирования с результатами измерений концентрации CO<sub>2</sub> на станциях мониторинга.

# Доминантные регионы



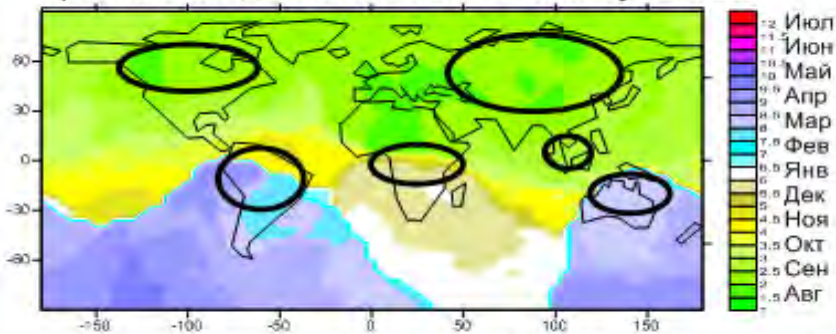
При просмотре анимированной картины значений концентрации  $\text{CO}_2$  обнаруживаются регионы с аномалиями в общей картине хода  $\text{CO}_2$  : области локальных минимумов и области резкого изменения «фазы» колебаний.

Время наступления локального минимума CO<sub>2</sub>

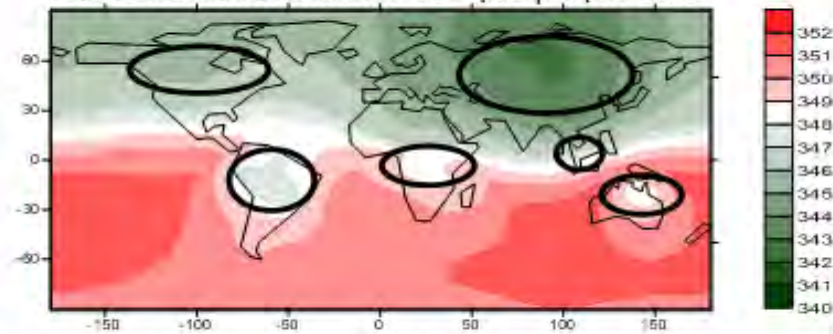
# Доминантные регионы

Модельный год: 1990; климатический сценарий №1

Время наблюдения локального минимума CO<sub>2</sub>

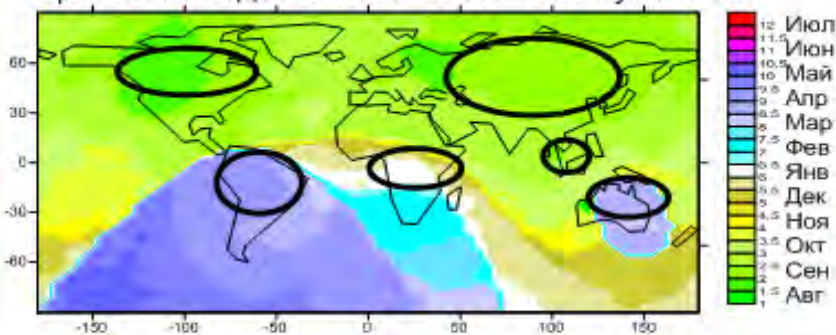


Значение минимальной концентрации CO<sub>2</sub>

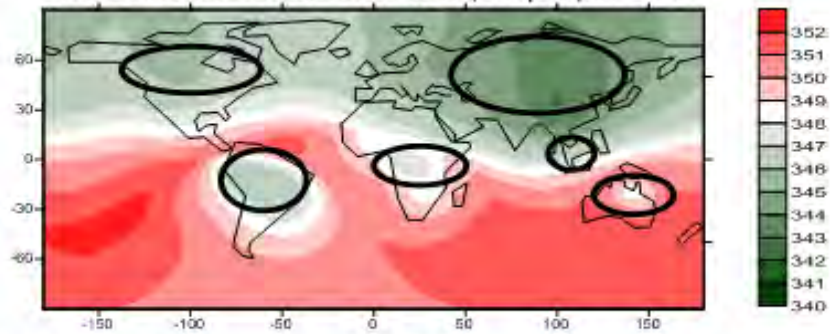


Модельный год: 1990; климатический сценарий №2

Время наблюдения локального минимума CO<sub>2</sub>

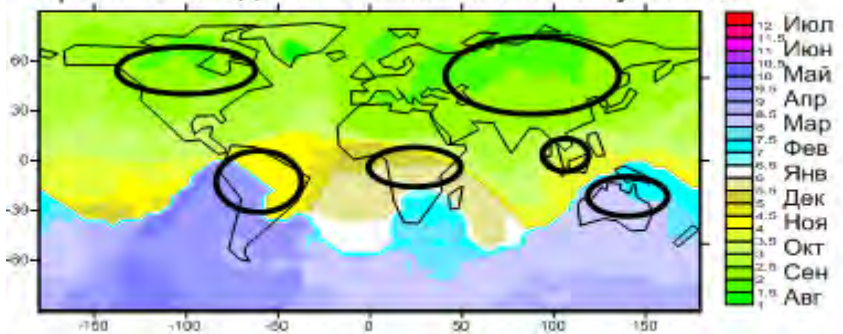


Значение минимальной концентрации CO<sub>2</sub>

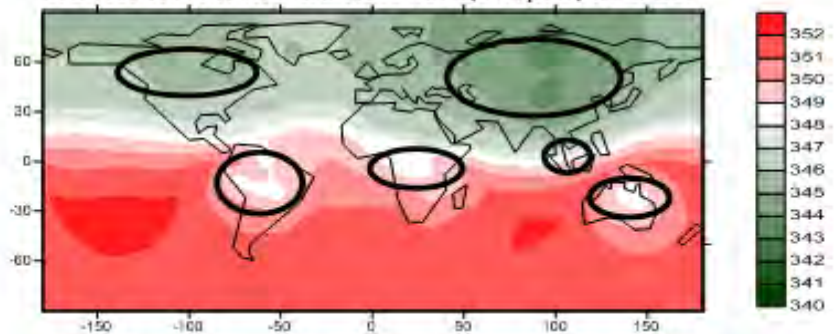


Модельный год: 1990; климатический сценарий №3

Время наблюдения локального минимума CO<sub>2</sub>



Значение минимальной концентрации CO<sub>2</sub>



Значение локального минимума CO<sub>2</sub>

# Доминантные регионы