



**Институт физики атмосферы
им. А.М. Обухова РАН**



Лаборатория математической экологии

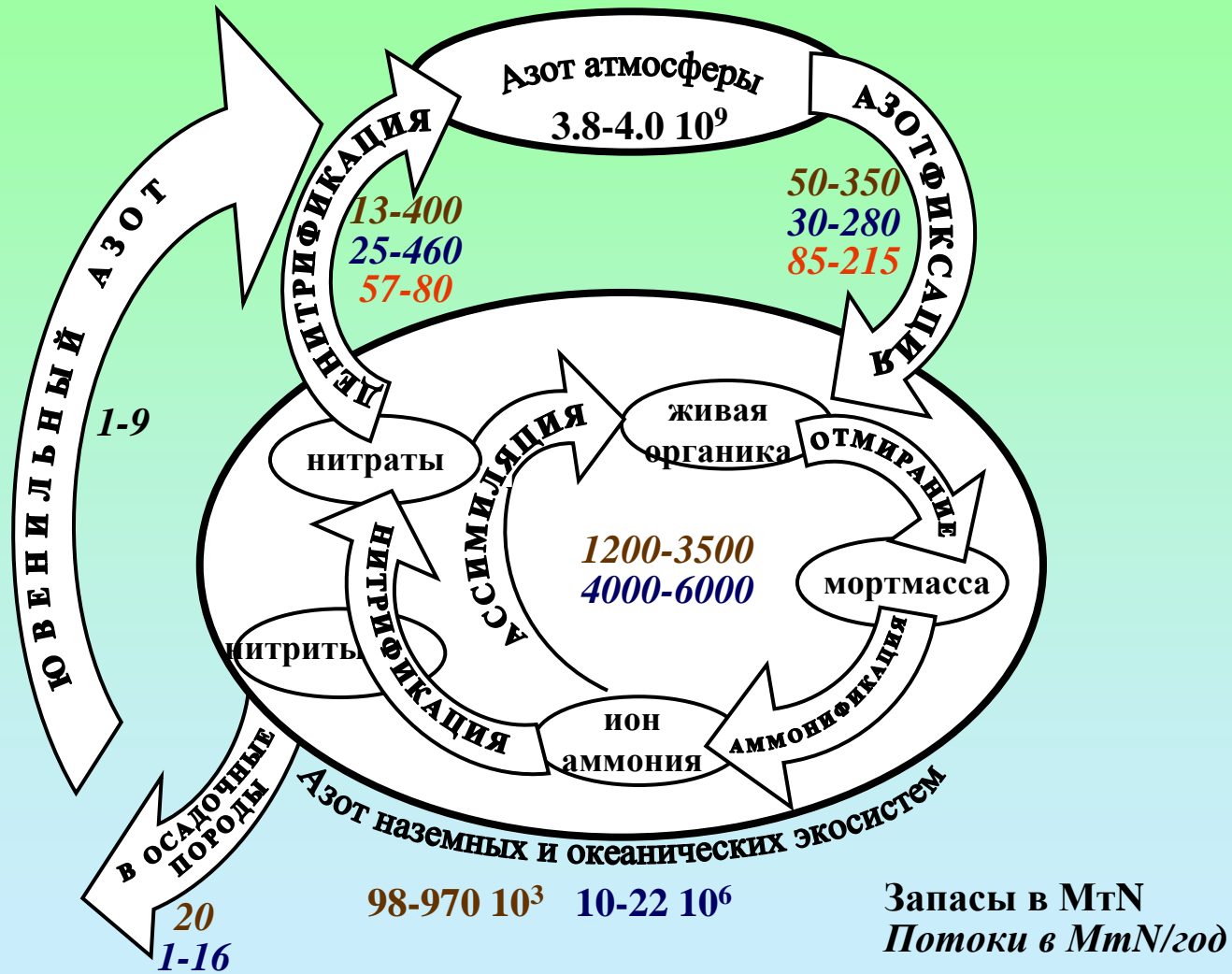
Голубятников Л. Л.

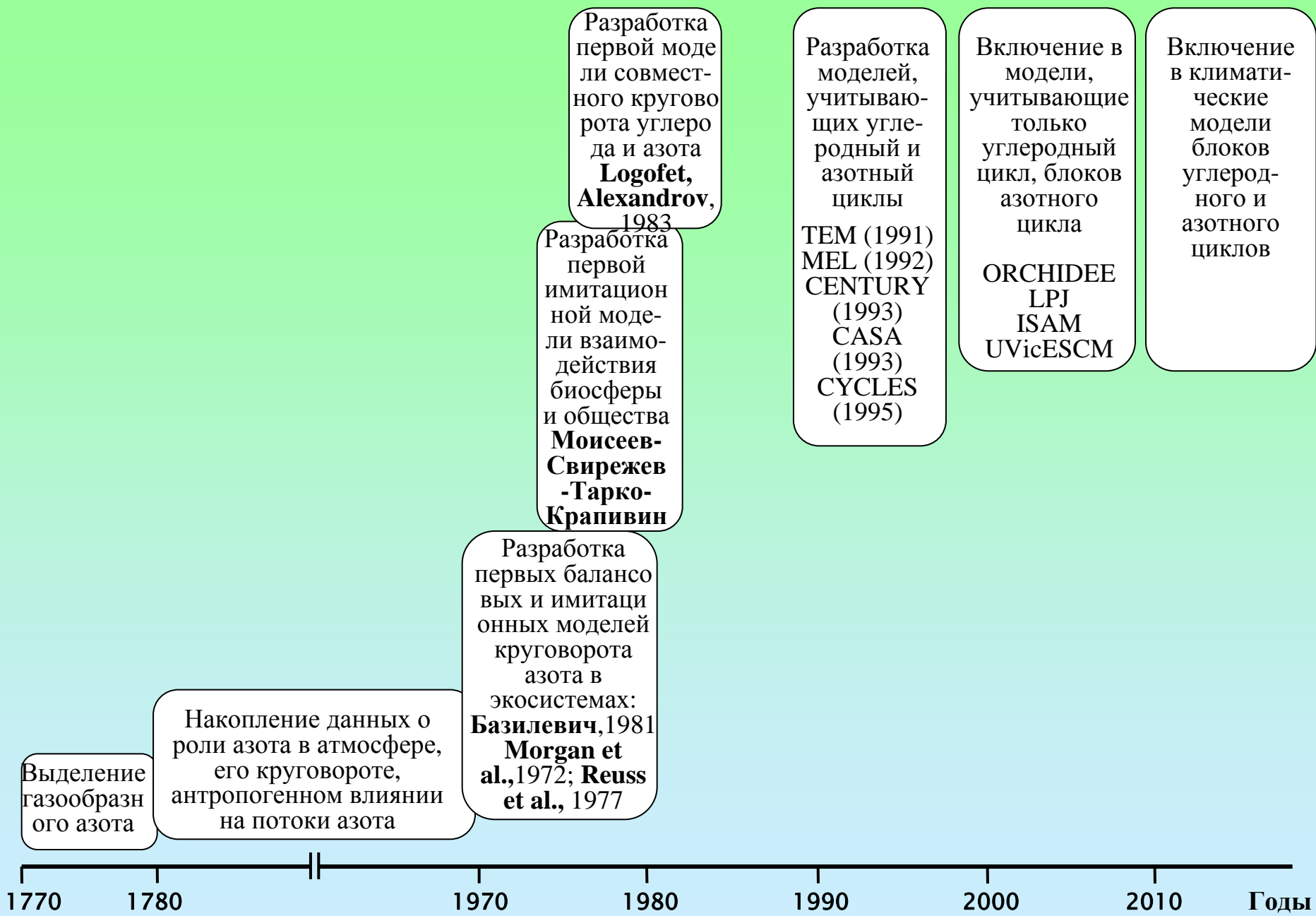
**ЦИКЛ АЗОТА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ:
МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД**

**Третья национальная научная конференция
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ»**

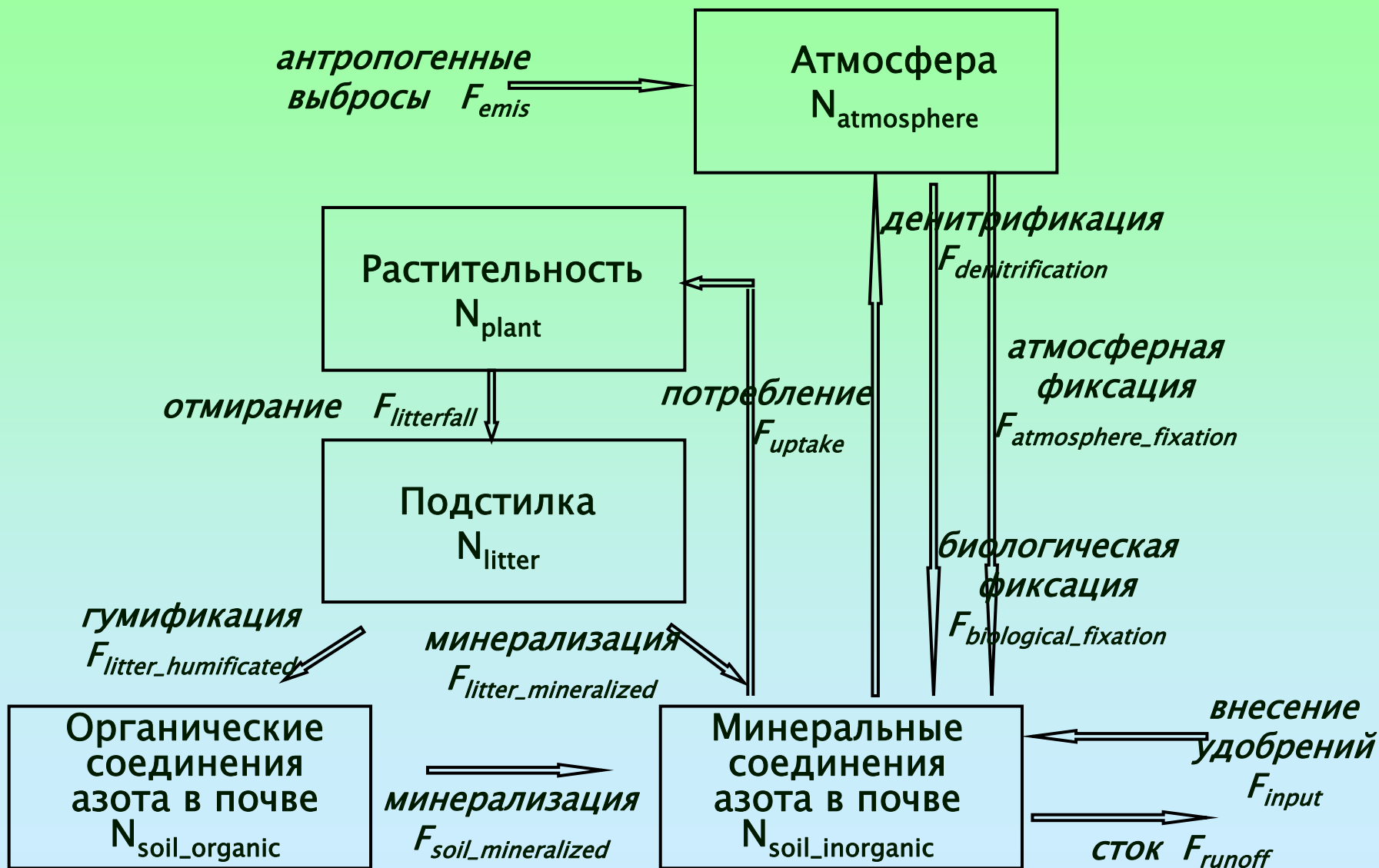
Пушино, 2013

Схема глобального цикла азота

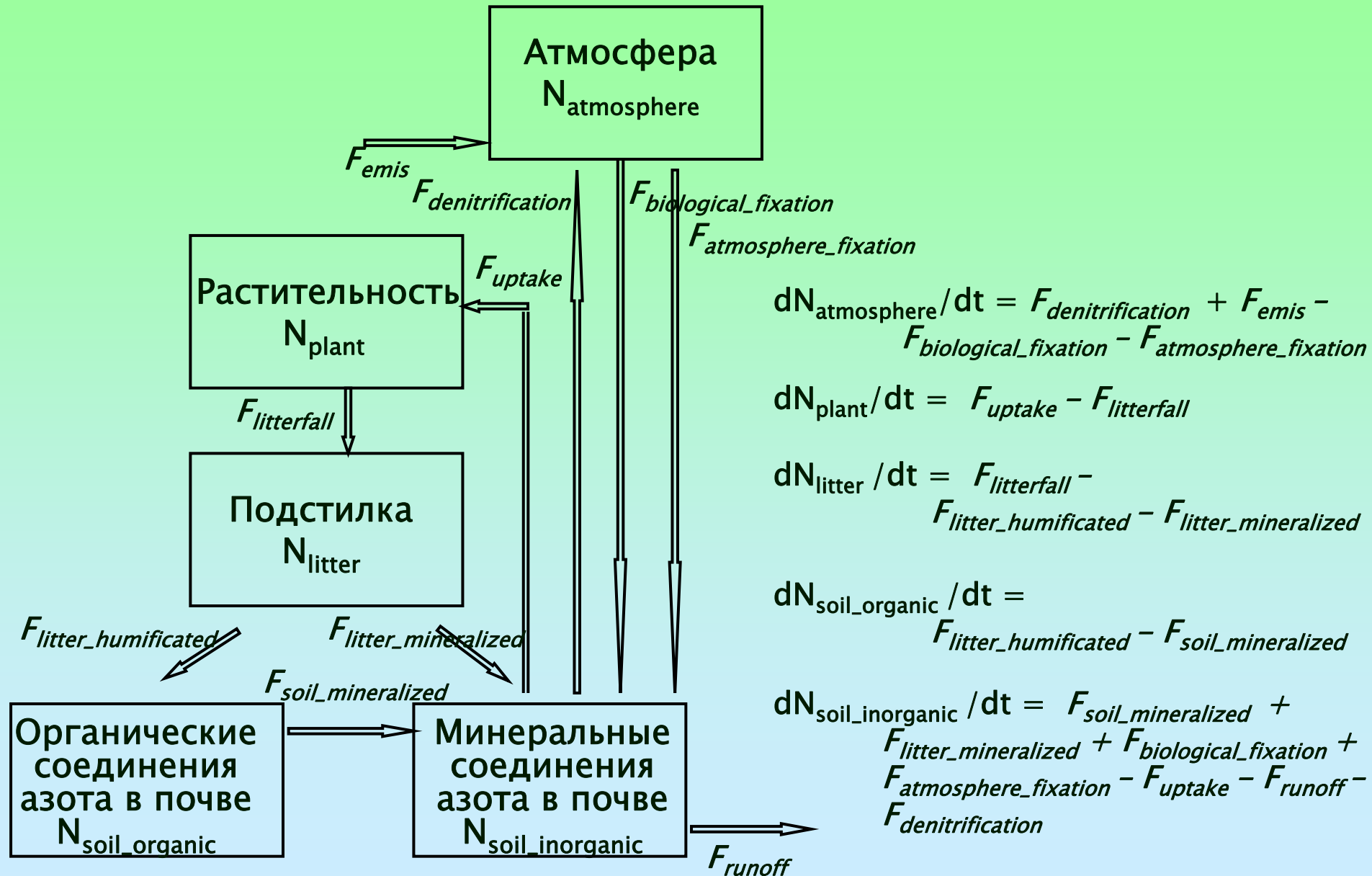




СТРУКТУРА МОДЕЛИ НАЗЕМНОГО ЦИКЛА АЗОТА



МОДЕЛЬ НАЗЕМНОГО ЦИКЛА АЗОТА



$$dN_{atmosphere}/dt = F_{denitrification} + F_{emis} - F_{biological_fixation} - F_{atmosphere_fixation}$$

$$dN_{plant}/dt = F_{uptake} - F_{litterfall}$$

$$dN_{litter}/dt = F_{litterfall} - F_{litter_humified} - F_{litter_mineralized}$$

$$dN_{soil_organic}/dt = F_{litter_humified} - F_{soil_mineralized}$$

$$dN_{soil_inorganic}/dt = F_{soil_mineralized} + F_{litter_mineralized} + F_{biological_fixation} + F_{atmosphere_fixation} - F_{uptake} - F_{runoff} - F_{denitrification}$$

Атмосферная фиксация: $F_{atmosphere_fixation} = (\lambda_1 \theta^{(T-T_0)} + \lambda_2 P) N_{atmosphere}$
 θ – показатель температурной зависимости скорости атмосферной фиксации азота

Биологическая фиксация: $F_{biological_fixation} = \max(kET - v, 0)$ (Cleveland et al., 1999)
 ET – суммарное испарение

Отмирание растительности: $F_{litterfall} = f N_{plant}$
 f – удельная интенсивность отмирания

Потребление азота растительностью: $F_{uptake} = q N_{plant} N_{soil_inorganic} / (u_p + N_{soil_inorganic})$
 q – удельная интенсивность потребления

Денитрификация: $F_{denitrification} = \lambda_4 \eta^{(T-T_0)} W_s N_{soil_inorganic} / (u_d + N_{soil_inorganic})$
 η – показатель температурной зависимости скорости денитрификации
 W_s – запас почвенной влаги

Минерализация подстилки: $F_{litter_mineralized} = \mu(ET, C/N) N_{litter}$ (Potter et al., 1996)

Гумификация подстилки: $F_{litter_humificated} = \lambda_5 N_{litter}$

Минерализация почвенной органики:

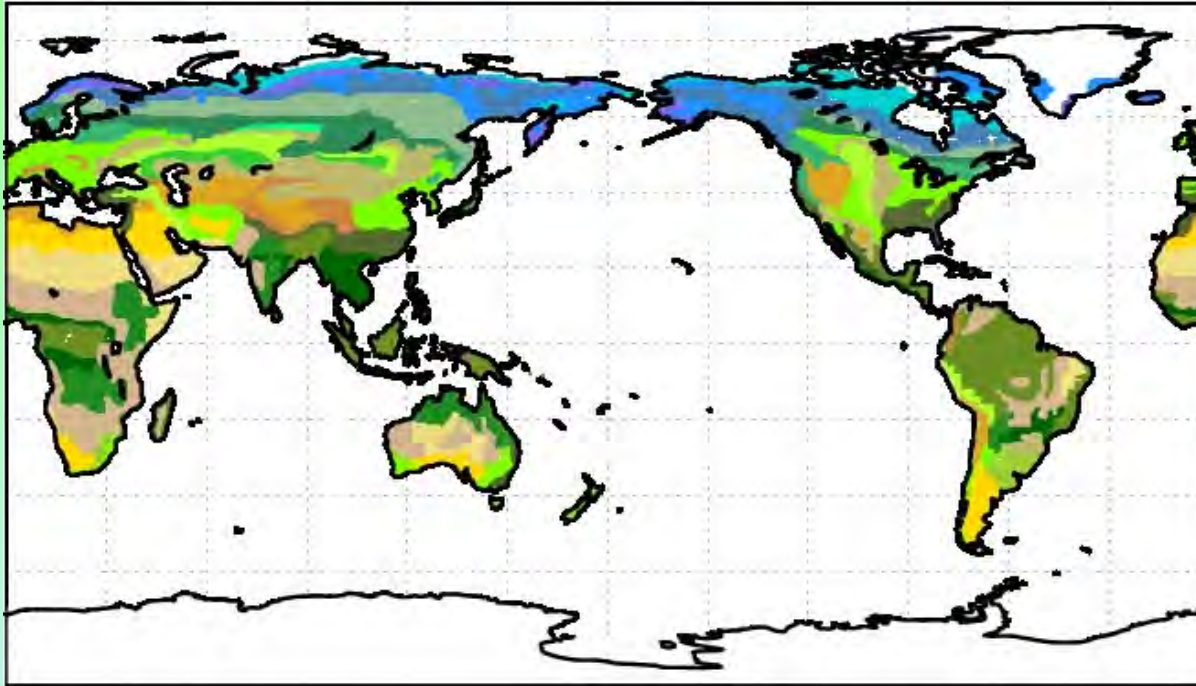
$F_{soil_mineralized} = \gamma \exp(0.1 (T-T_0) \ln Q_{10}) N_{soil_inorganic}$
 γ – удельная скорость разложения гумуса

Сток почвенного азота в океан: $F_{runoff} = \lambda_6 N_{soil_inorganic} (1 - \exp(-kW_r))$

W_r – интенсивность суммарного стока в океан

Антропогенная эмиссия: $F_{emis} = \lambda_7 G$
 G – плотность населения

КАРТА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА



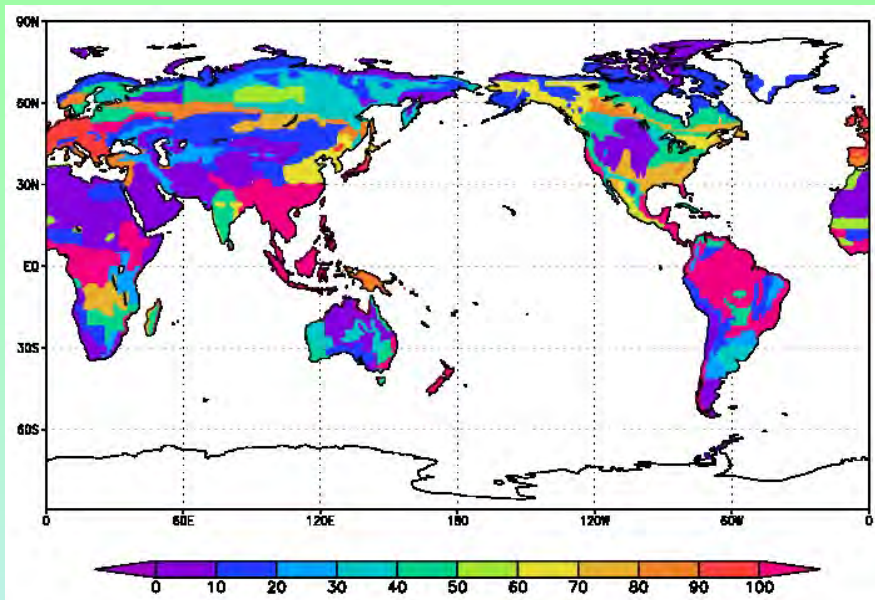
Арктические пустыни, тундры
Тундры
Горные тундры
Лесотундра
Северотаежные леса
Среднетаежные леса

Южнотаежные леса
Широколиственно-хвойные леса
Осиново-березовые леса
Субтр. широколиственно-хвойные леса
Ксерофитные ледколесья
Лесостепь

Умереннозасуш., засушл. степи
Травяные саванны
Сухие степи
Суббореал. полупустыни
Суббореал. соляные пустыни
Субтропические полупустыни

Субтропические пустыни
Высокогорные пустыни
Альпийские, субальп. луга
Вечнозеленые тропич. леса
Листопадные тропич. леса
Тропич. ксерофитные редколесья
Тропич. саванны
Тропич. пустыни

Запасы фитомассы (гN/м²)

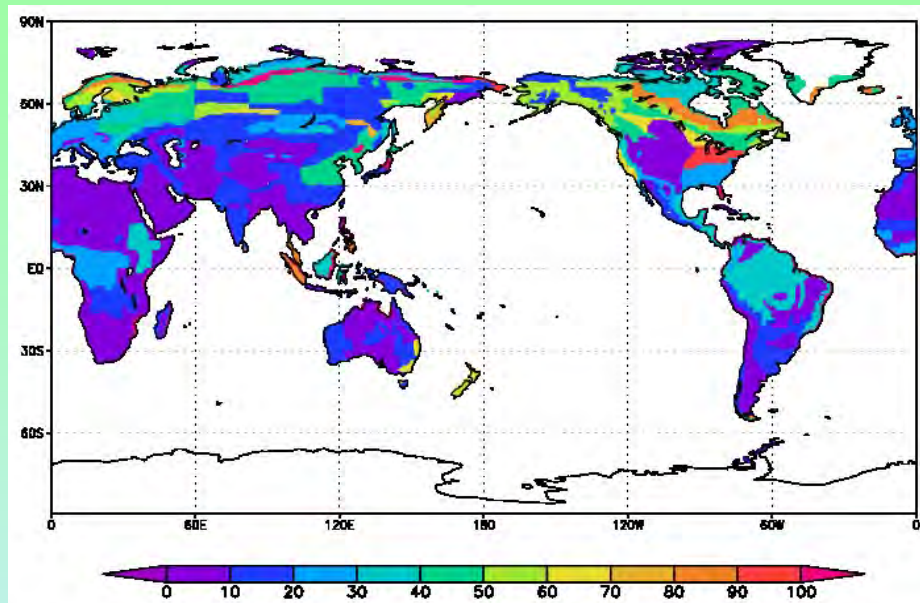


7.3 ГтN

5–8 гN/м² – пустыни, арктическая тундра

более 150 гN/м² – тропические влажные вечнозеленые леса

Запасы мортмассы (гN/м²)



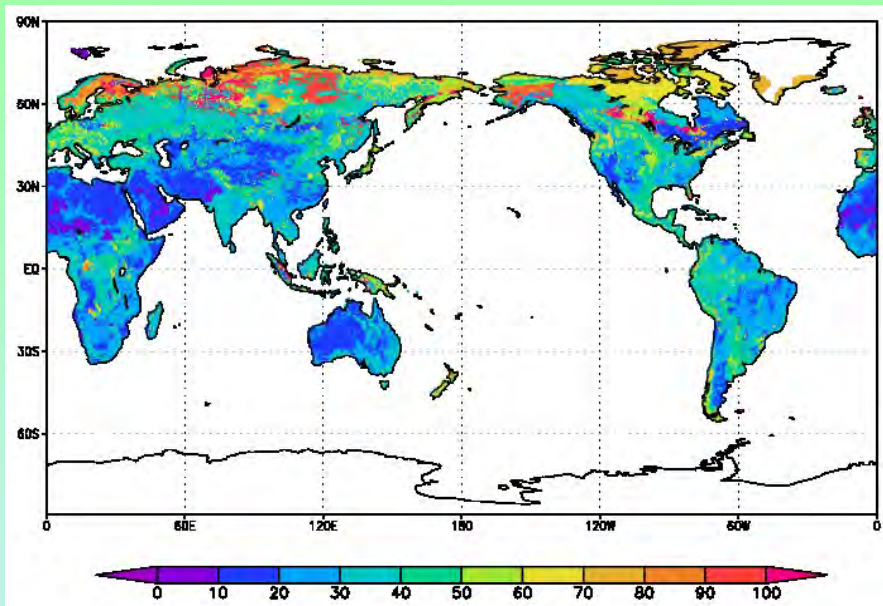
(Базилевич Н.И., Титлянова А.А.)

3.2 ГтN

1–3 гN/м² – пустыни

60–80 гN/м² – северная тайга, лесотундра

Минеральный азот в почве (гN/м²)

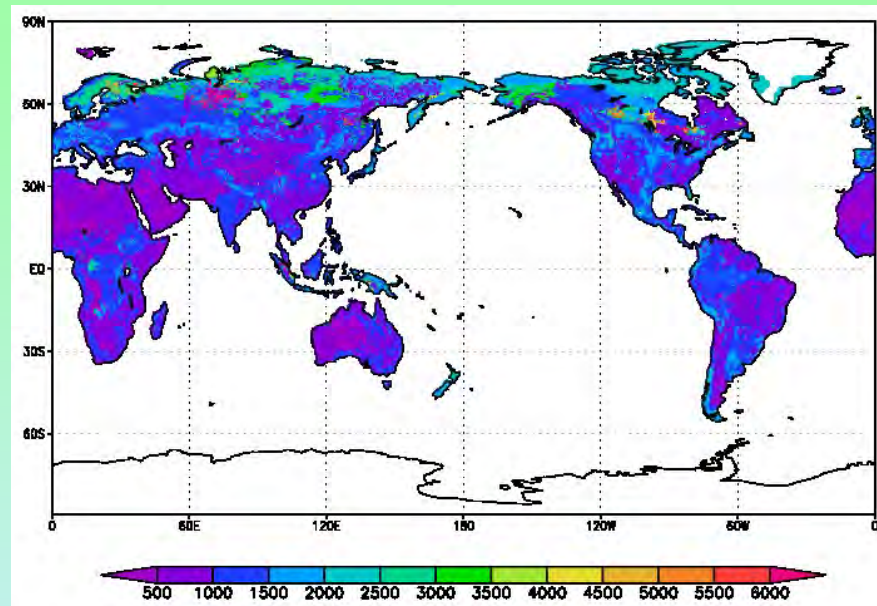


4.5 ГтN

16–19 гN/м² – пустыни

50–60 гN/м² – тайга, лесотундра,
тундра

Органический азот в почве (гN/м²)



(Distribution Active Archive Center for
Biogeochemical Dynamics)

147 ГтN

0.5–0.6 кгN/м² – пустыни

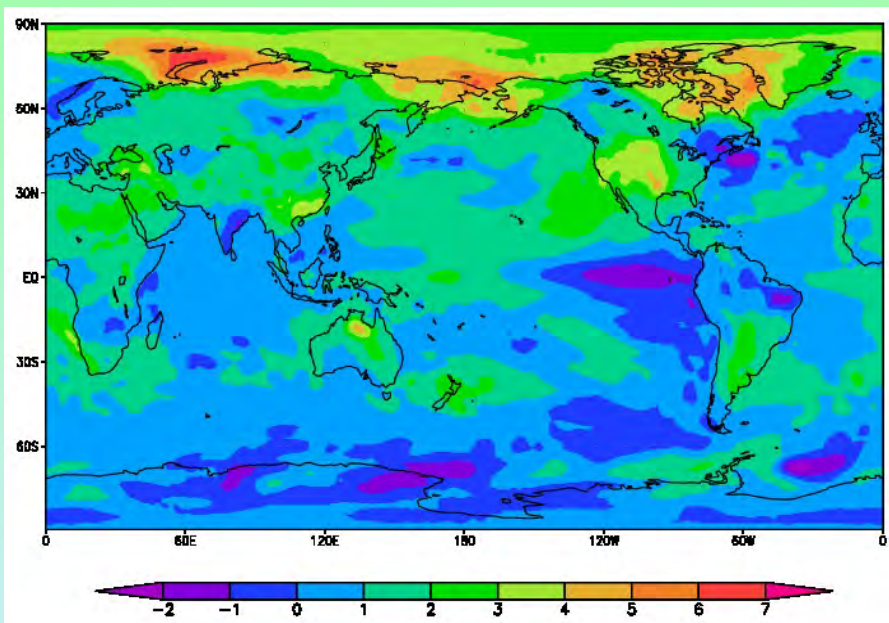
1.6–1.9 кгN/м² – тайга, лесотундра,
тундра

**Отклонения (%) модельных значений
от экспериментальных данных**

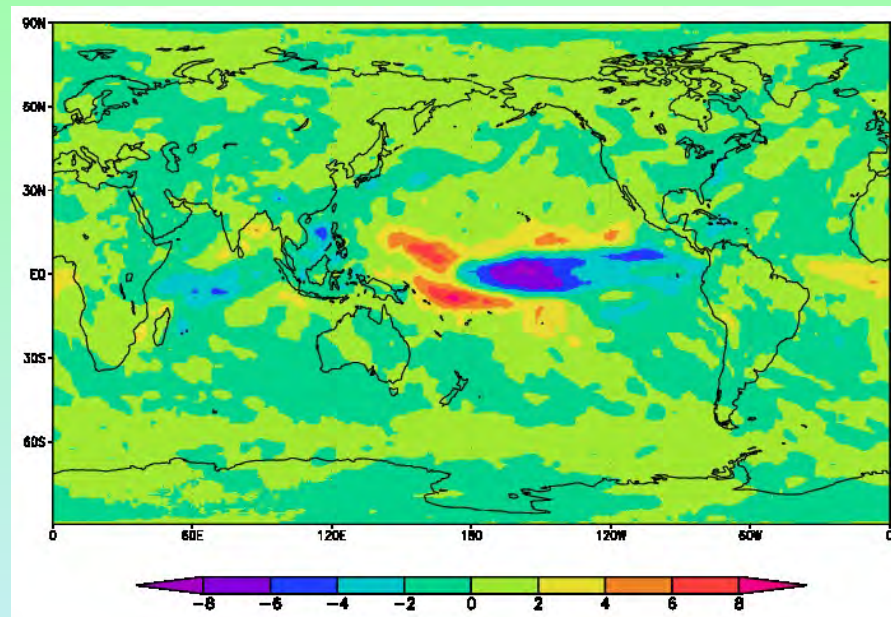
	Тундра	Тайга	Лиственный лес	Степь	Пустыня субтропики	Тропический лес
Фитомасса	18	10	15	34	22	20
Мортмасса	22	9	20	37	20	25
Минеральный азот в почве	15	11	17	35	24	21

КЛИМАТИЧЕСКИЙ СЦЕНАРИЙ

модель HadCM, сценарий A1B,
прогноз для 70-х годов XXI века

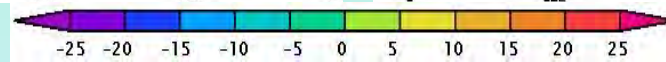
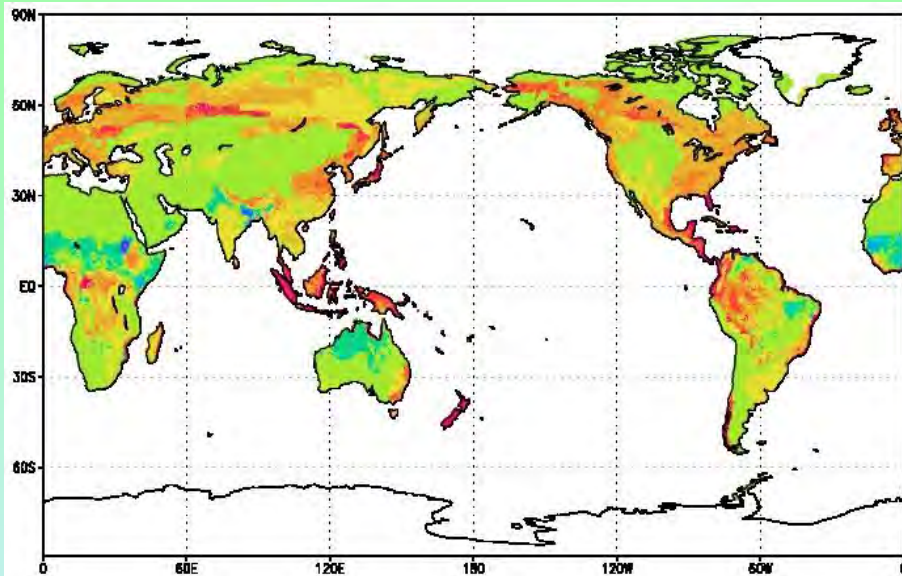


Изменение температуры воздуха (°C)



Изменение среднегодовых осадков
(мм/сут)

Изменение содержания азота в фитомассе (гN/м²)

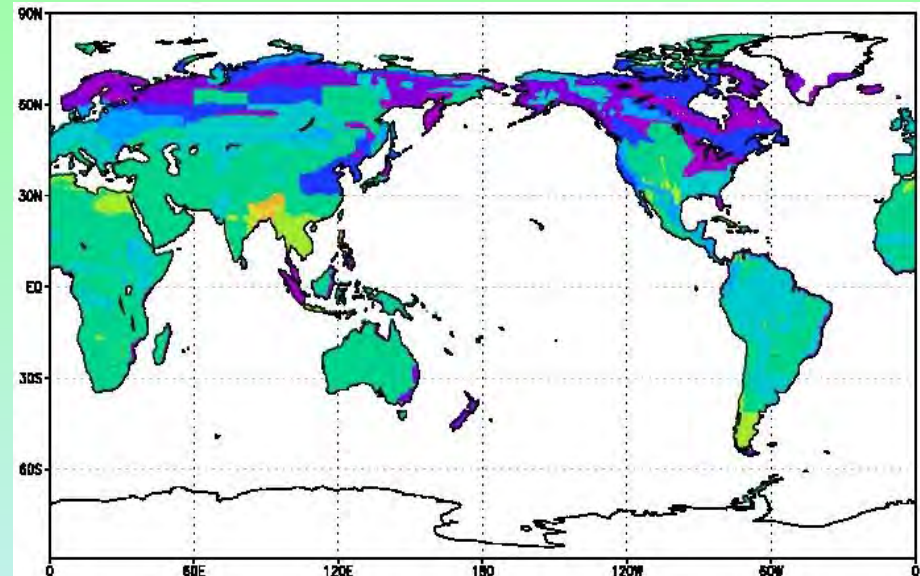


Увеличение в среднем на 13%

7–9% во влажных тропических лесах
и саванах

27–29% в тундре и лесотундре

Изменение содержания азота в мортмассе (гN/м²)

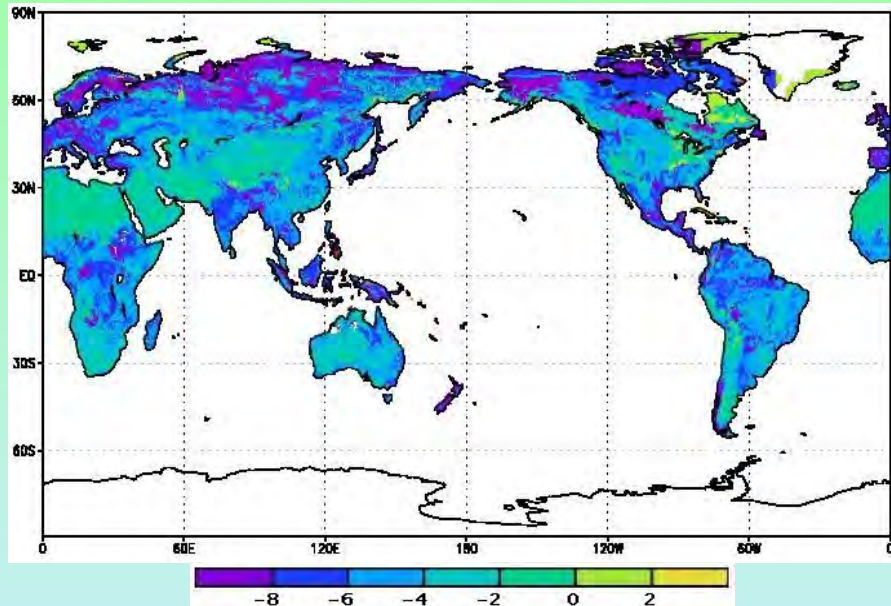


Уменьшится в среднем на 27%

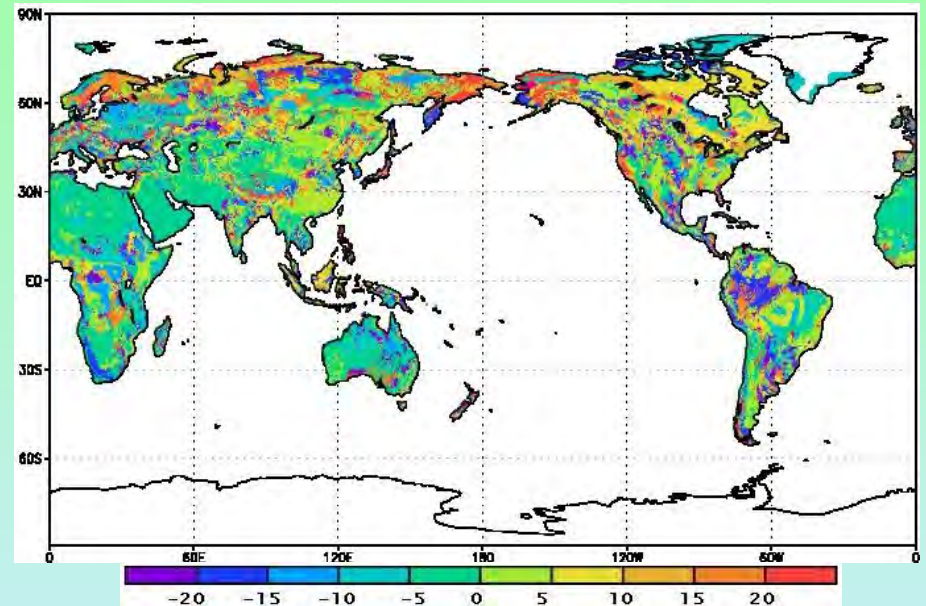
5–8% во влажных тропических лесах

40% в тундре

Изменение содержания минеральных соединений азота почвы (гN/м²)



Изменение содержания органических соединений азота почвы (гN/м²)



Уменьшится в среднем на 14%

7–10% в лесотундре и степях

16–17% в субтропических и тропических лесах

ВЫВОДЫ

Исследование показало, что при реализации сценария А1В по модели HadCM к 70-м годам XXI века вероятно увеличение среднеглобального запаса фитомассы, сокращение запасов мортмассы, уменьшение содержания минеральных соединений азота в почве.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ