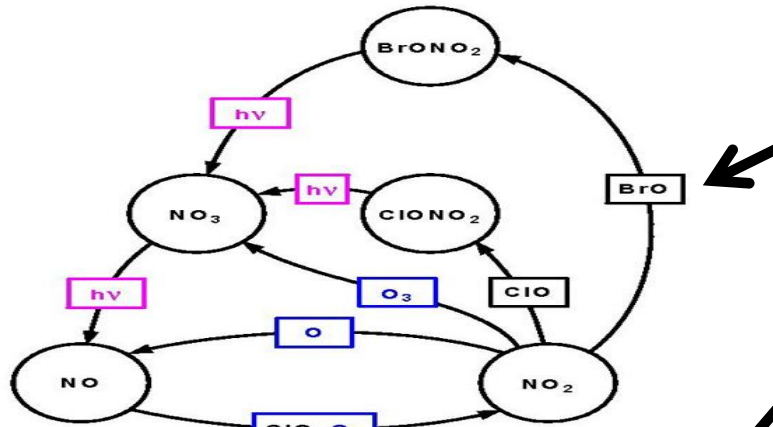


Моделирование глобальных аспектов
молниевой активности для
исследования обратных связей с
изменениями
климата и газового состава атмосферы

Суходолов Т.В., Смышляев С.П.

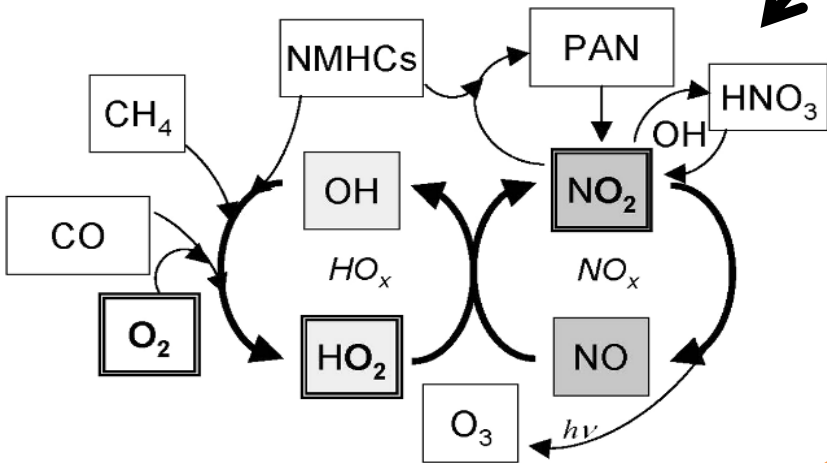
Научно-практическая школа-семинар молодых ученых и специалистов в области
гидрометеорологии
31 октября – 2 ноября 2012 года
г. Новосибирск

Окислы азота



В стратосфере способствуют разрушению озона

В тропосфере – образованию!



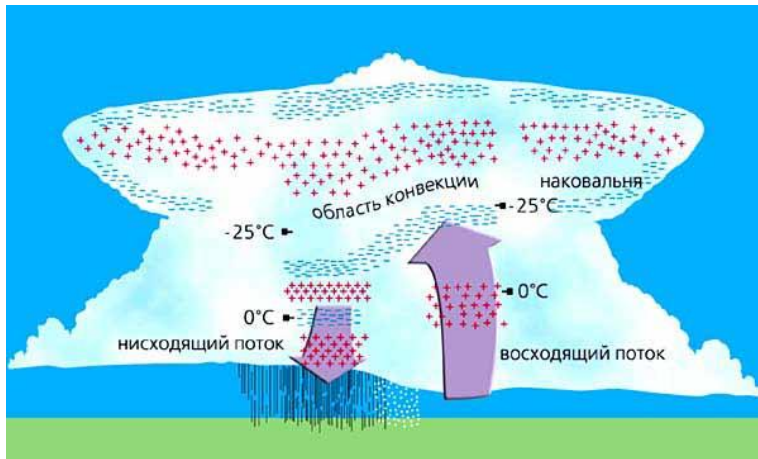
Располагается в средней и верхней тропосфере, где время жизни NO_x выше, чем на более низких уровнях

Источник	Выбросы TgN/год	Неопределенность TgN/год
Сжигание топлива	22	13–31
Сжигание биомассы	7.9	3–15
Процессы в почве	7.0	4–12
Грозы	5.0	1–100
Стратосферное окисление закиси азота N_2O	0.64	0.4–1
Окисление аммиака	0.9	0.6
Самолетные выбросы	0.56	–

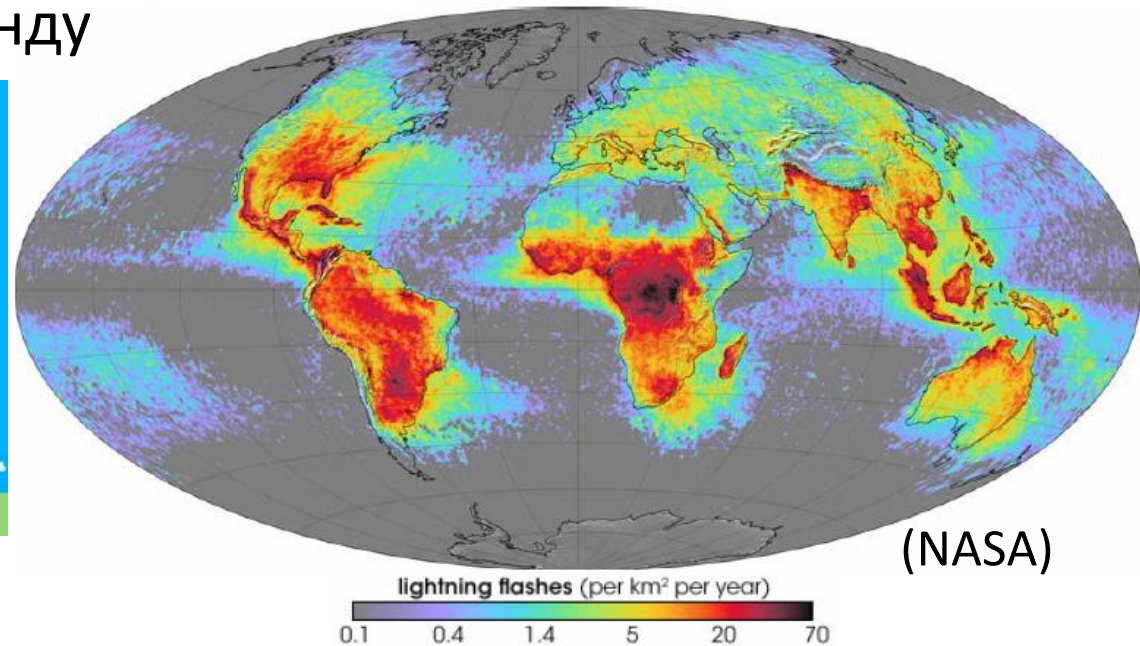
(IPCC 2001)

Генерация NO_x молниями

- В разогретом до 30000 К канале молнии молекулы O_2 и N_2 диссоциируют с последующим объединением в NO
- 44 ± 5 вспышек в секунду



Stolzenburg et al. (1998)



(NASA)

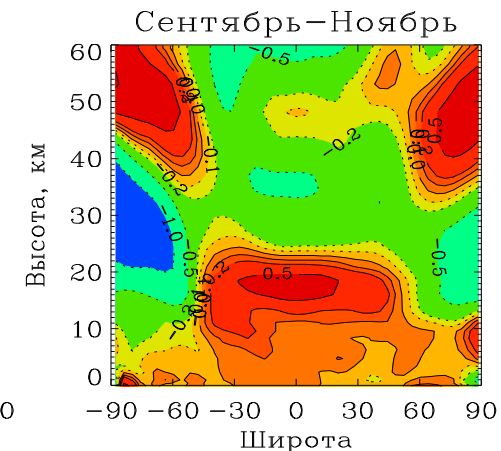
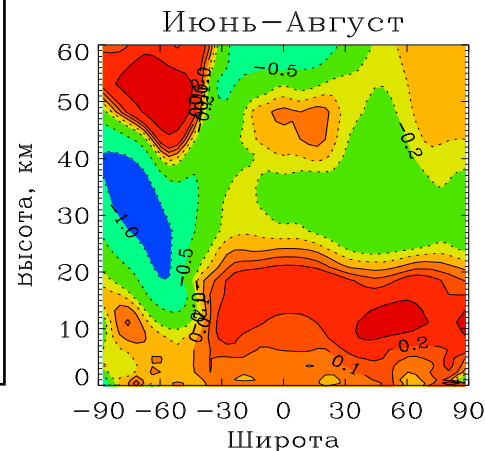
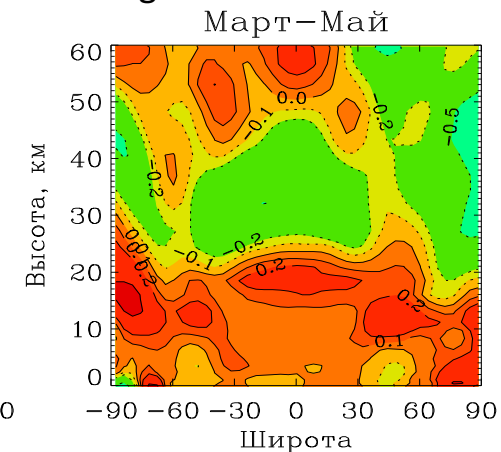
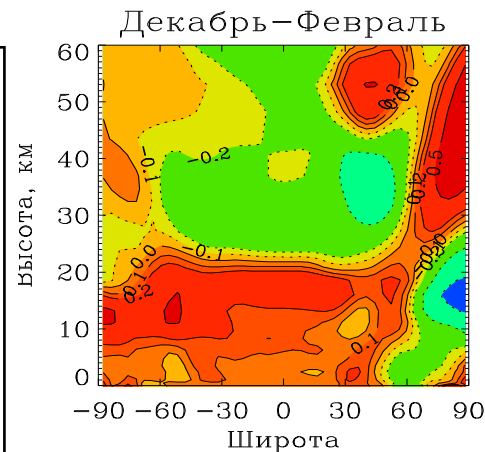
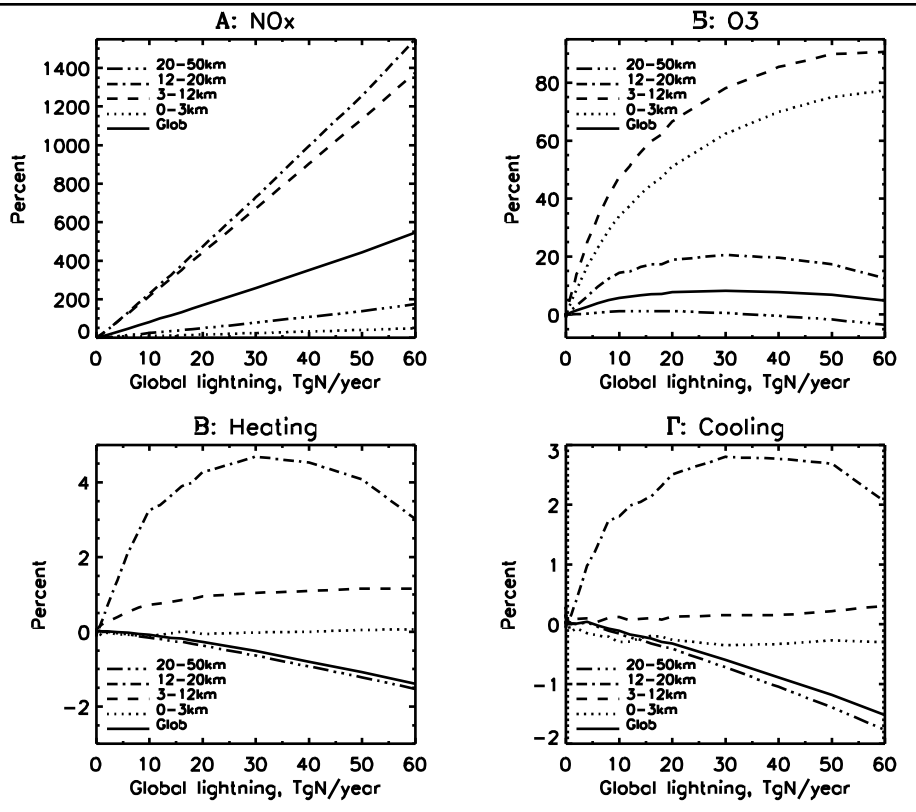
Schumann & Huntrieser (2007)

- «Типичная» грозовая вспышка производит $15(2-40) \times 10^{25}$ молекул NO
- Оценка глобального источника: $5 \pm 3 \text{ Tg(N)/год}$

Предварительные оценки

Климатологические данные Price et al. (1997).

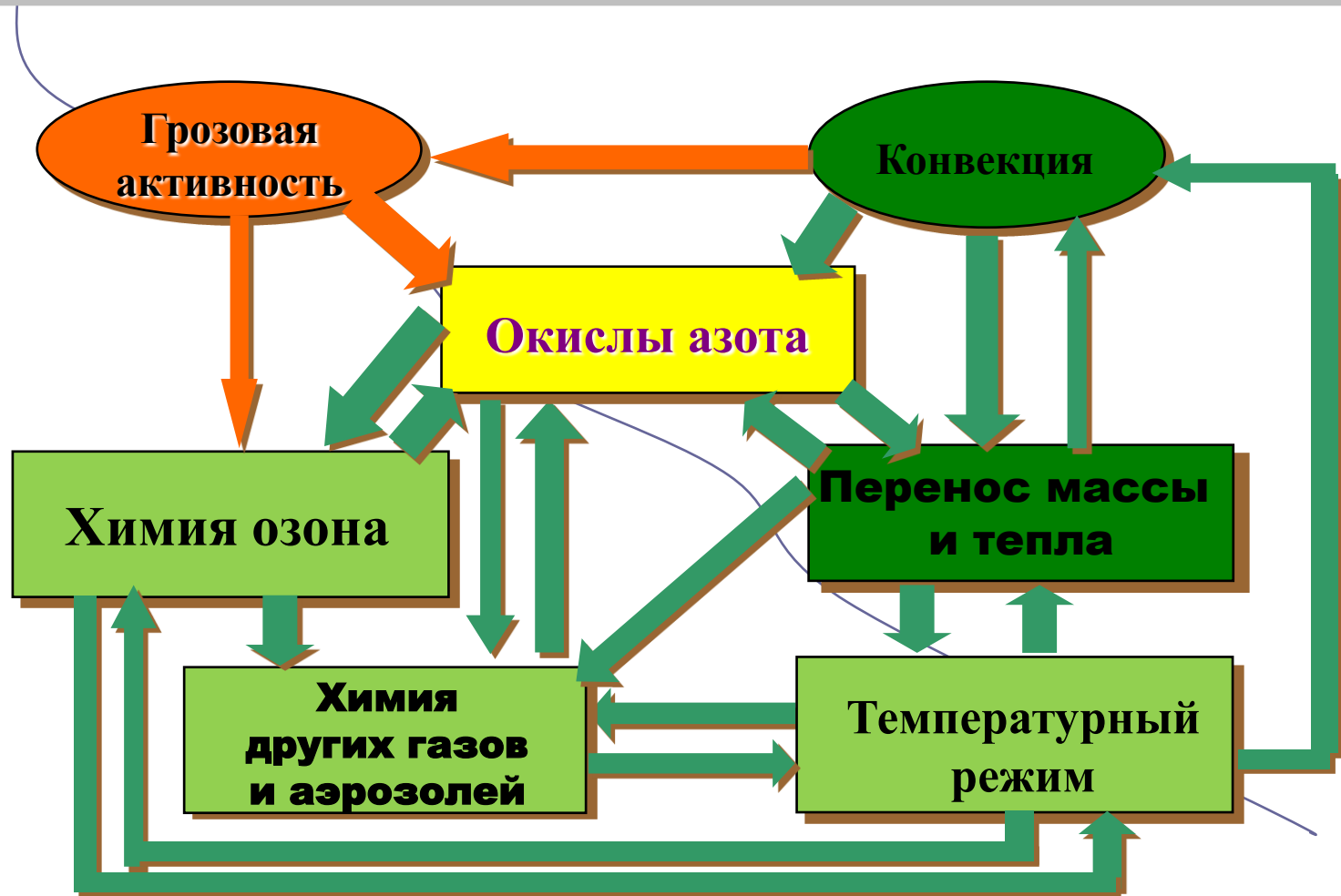
- $P_{cg} = 10P_{ic}$



Высокая чувствительность содержания O₃ и OH к количеству образующегося LNO_x на разных высотах атмосферы

Смышляев и др. (2010)

Обратные связи



Грозовые разряды необходимо параметризовать через переменные конвективной схемы!

Задачи исследования

- Исследовать роль неопределенности в оценках молниевых окислов азота, связанную с горизонтальным и вертикальным распределением
- Исследовать обратные связи между грозовой деятельностью и изменением газового состава и температурного режима атмосферы.

Метод решения задачи

- **Численное моделирование**

- **Модель химии, динамики и радиации (74 газа, 174 реакции, 51 процесс фотодиссоциации) РГГМУ,**

интерактивно взаимодействующая с

- **трехмерной моделью общей циркуляции нижней и средней атмосферы института вычислительной математики РАН ($5 \times 4^\circ$, 39 σ -уровней (до 90 км), шаг по времени 1 час)**

Доступные методы

Параметризация
горизонтального
распределения молний

- **Высота верхней границы конвективного облака** (Price & Rind (1992), Futyan & Del Genio (2007))
- **Конвективные осадки** (Allen & Pickering (2002))

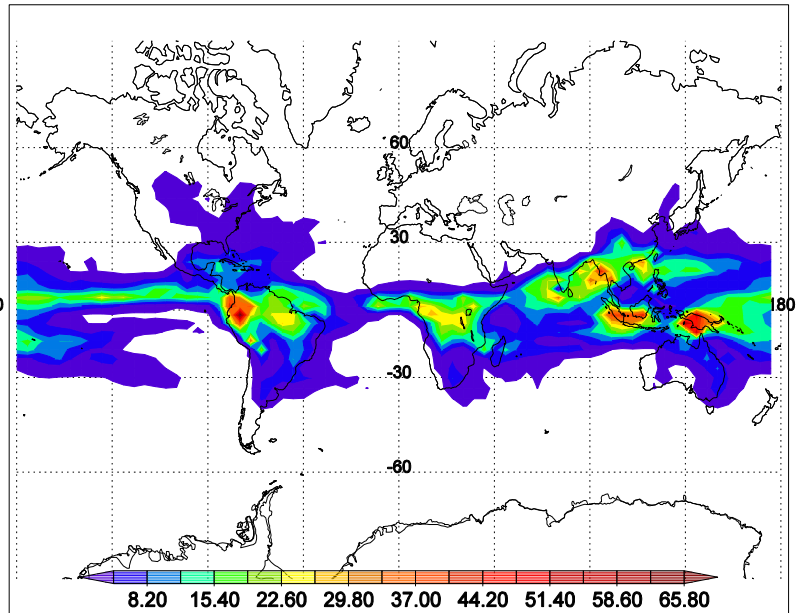
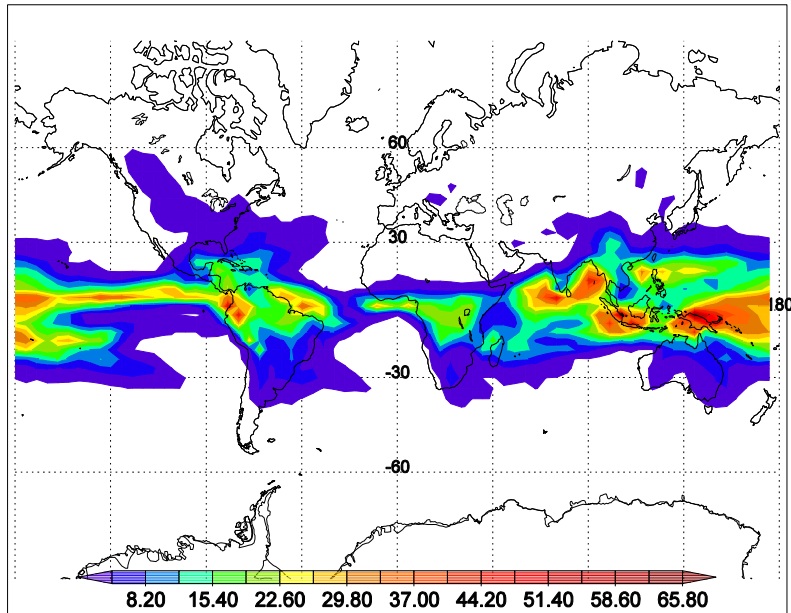
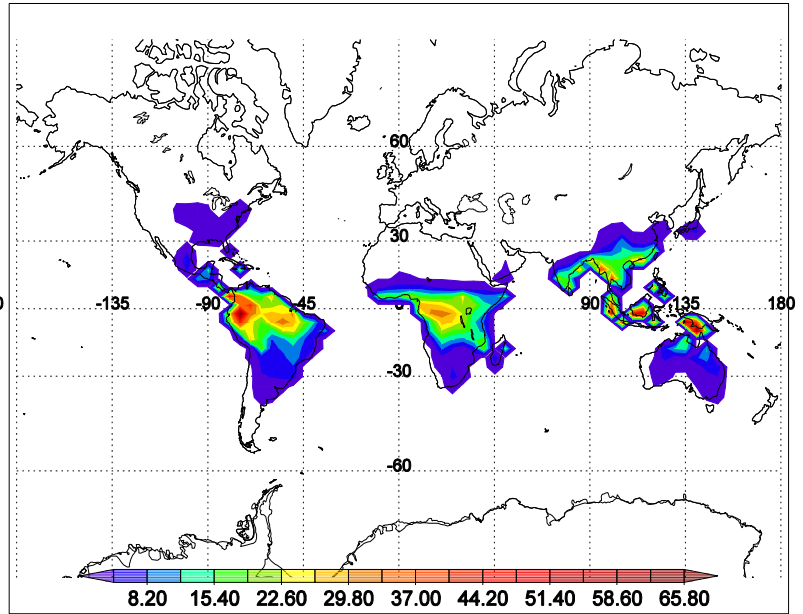
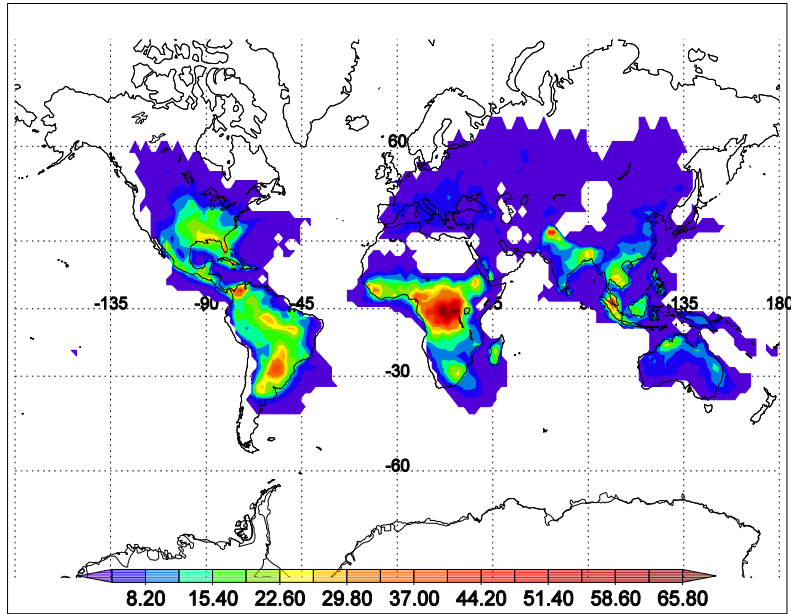
Определение выброса NO_x
за вспышку для IC и CG
молний

- **$15(2-40) \times 10^{25}$ молекул NO за вспышку, среднеширотные молнии в 2-4 раза продуктивнее экваториальных** (Schumann & Huntrieser (2007))
- **$P_{ic} \sim P_{cg}$** (Schumann & Huntrieser (2007), Ott et al. (2010))

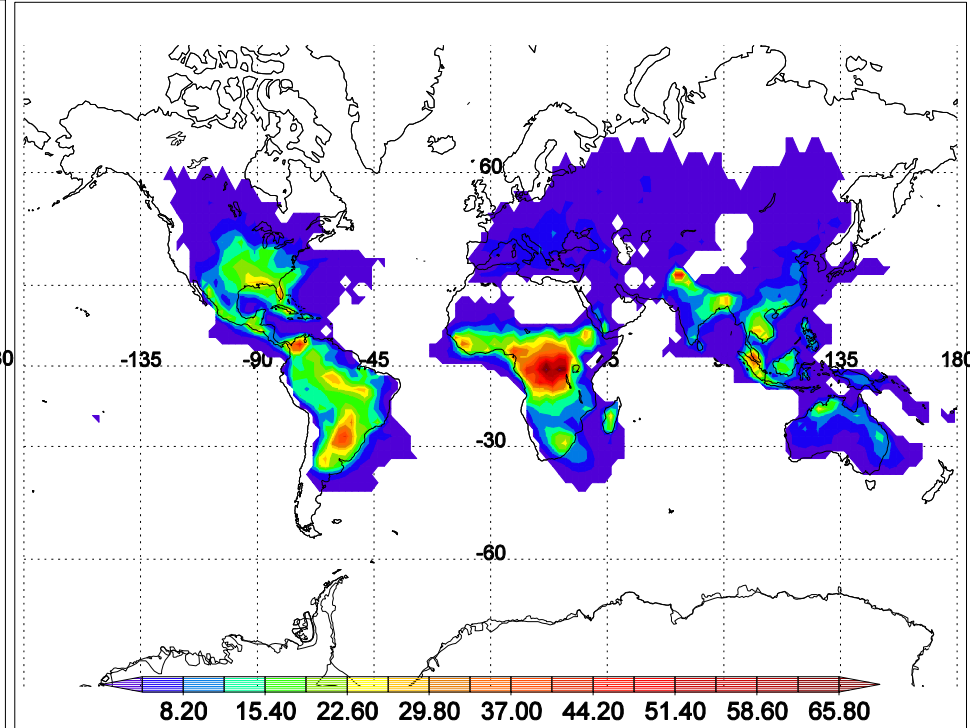
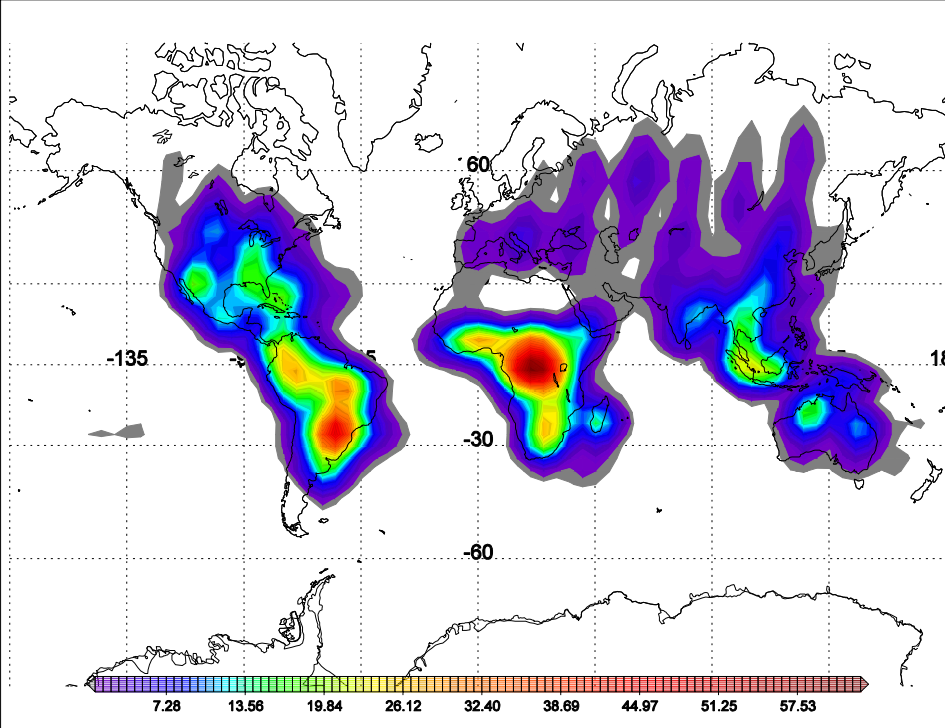
Вертикальное
распределение

- **C-образные профили** (Pickering et al. (1998))
- **Профили обратные C-образным** (Ott et al. (2010))

Тестирование параметризаций



Корректировка для соответствия оценкам NASA



F'_{mod}



3 мес. скользящее
среднее



$k = F_{sat} / F'_{mod} \quad F'_{mod} > 0$
 $k = F_{sat} \quad F'_{mod} = 0$



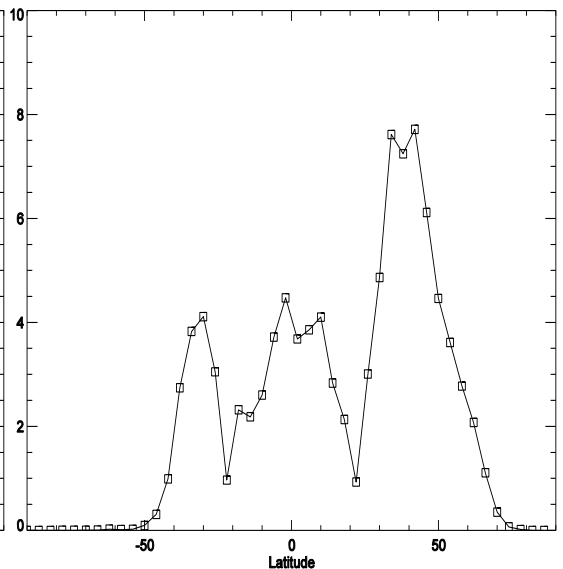
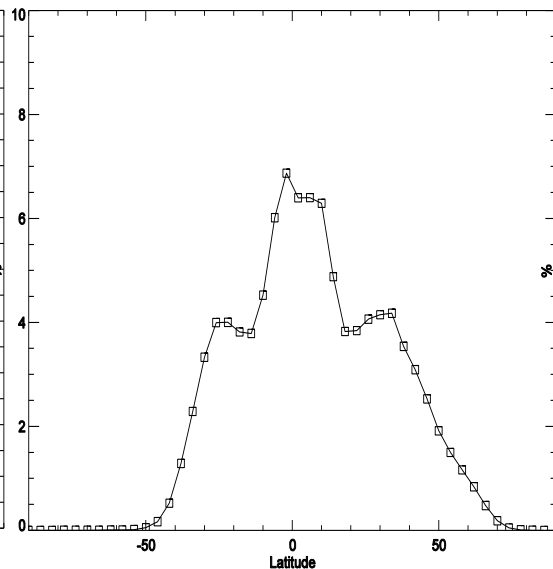
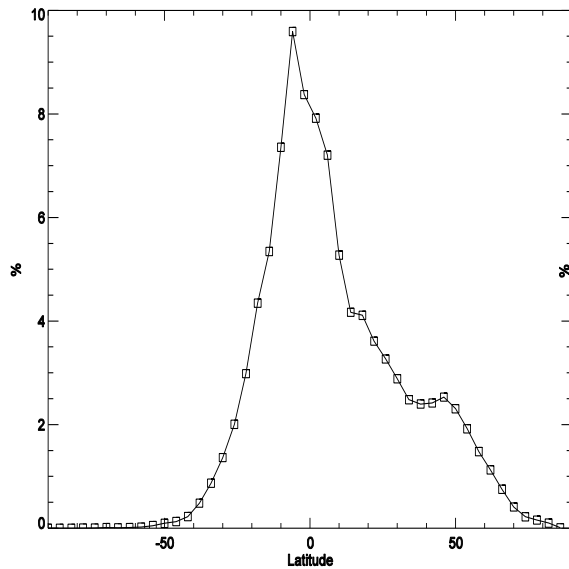
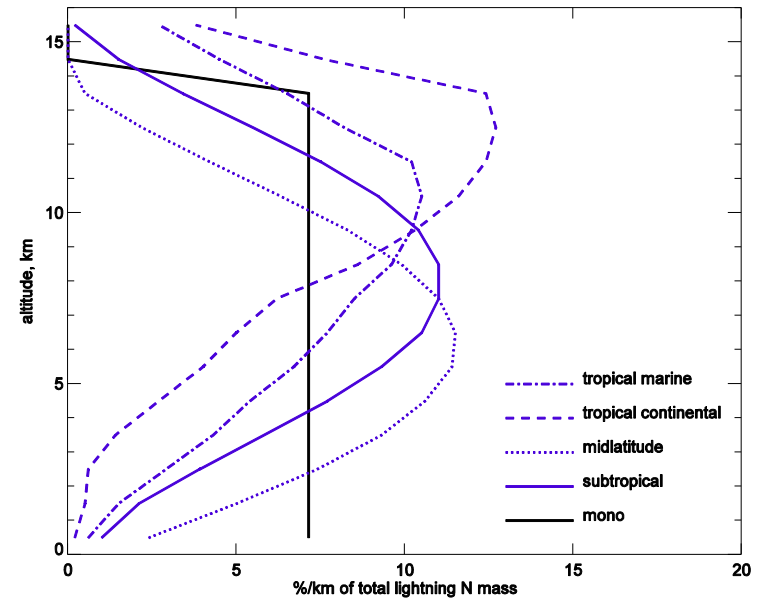
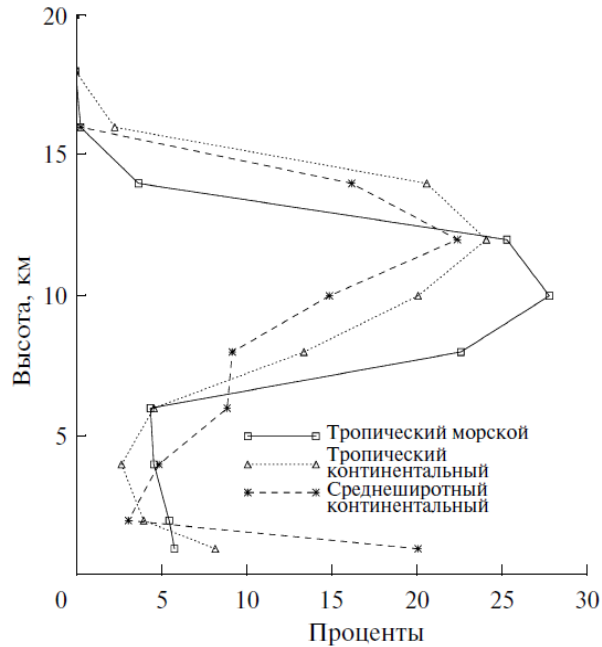
F_{mod}



Пространственный
фильтр

$F_{mod} = F_{mod} * k$

Пространственное распределение LNO_x

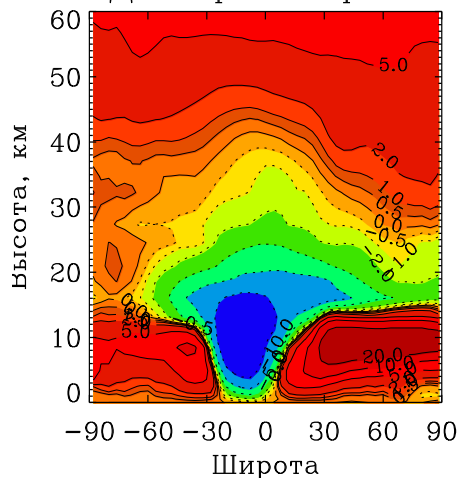


Результаты моделирования с фиксированным распределением LNO_x

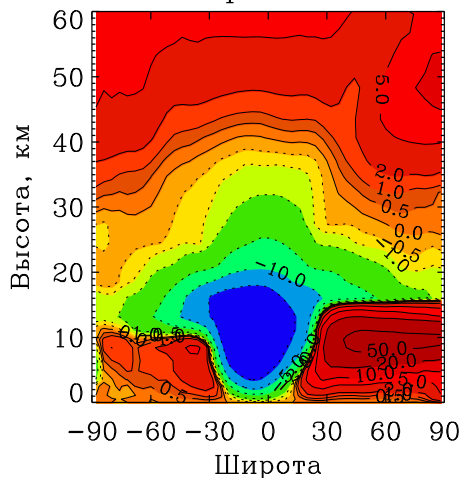
NO_x

O_3

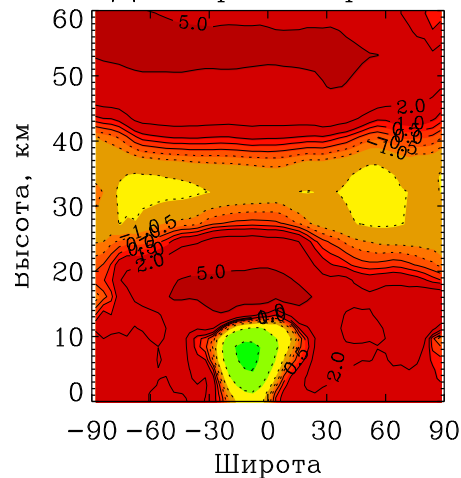
Декабрь-Февраль



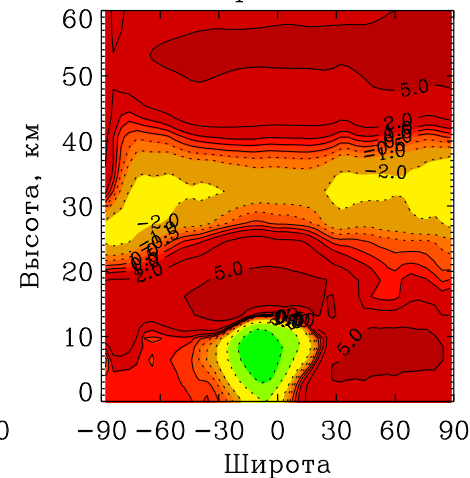
Март-Май



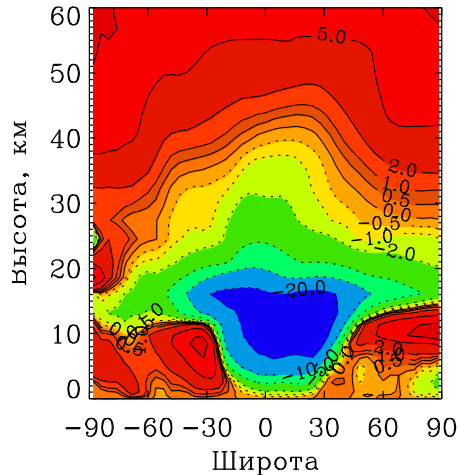
Декабрь-Февраль



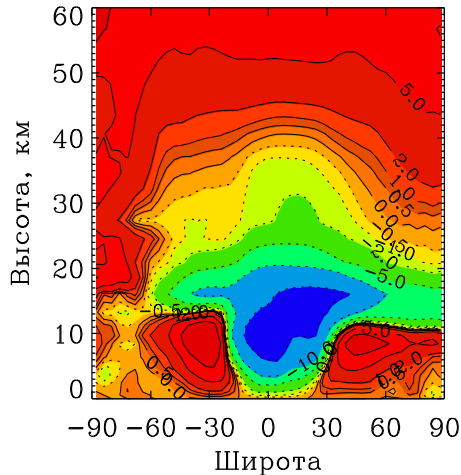
Март-Май



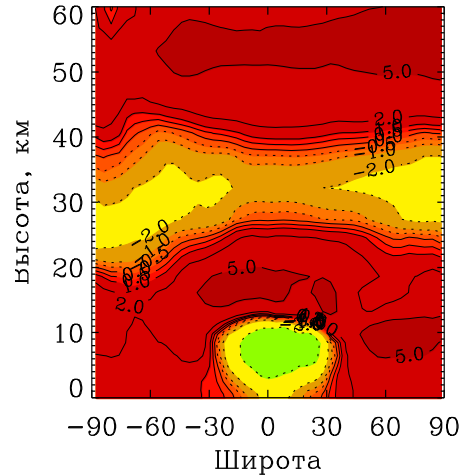
Июнь-Август



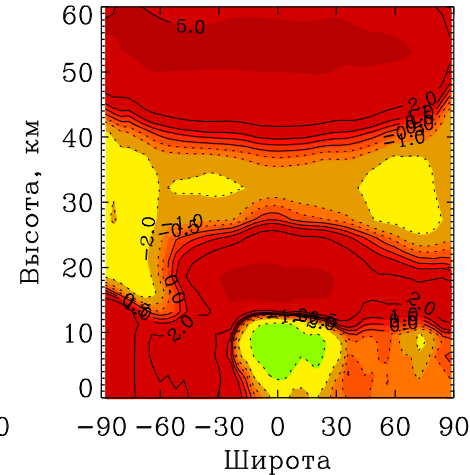
Сентябрь-Ноябрь



Июнь-Август



Сентябрь-Ноябрь

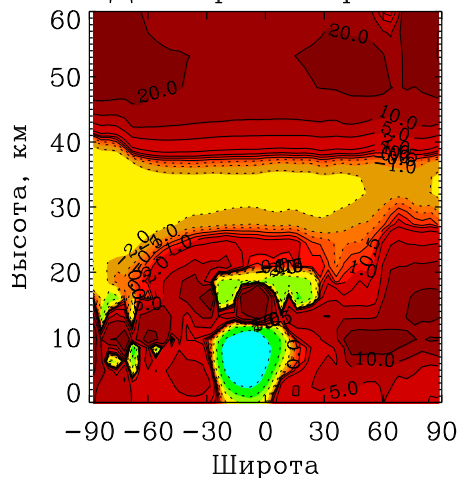


Результаты моделирования с фиксированным распределением LNO_x

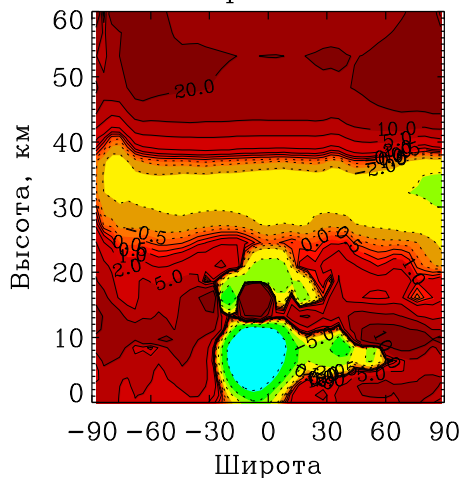
ClONO_2

HNO_3

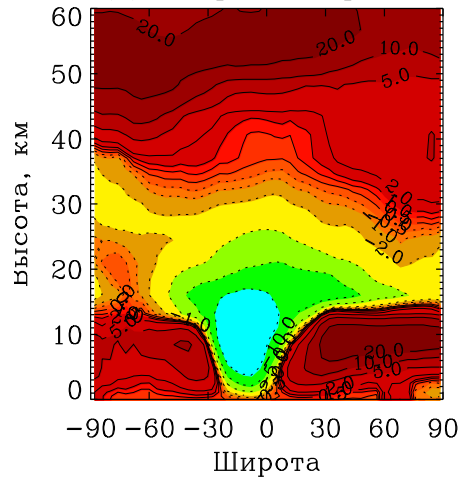
Декабрь-Февраль



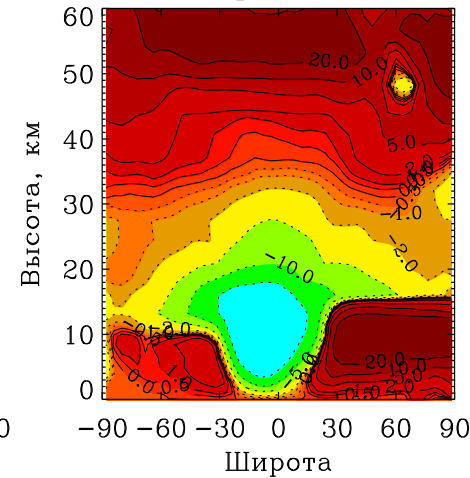
Март-Май



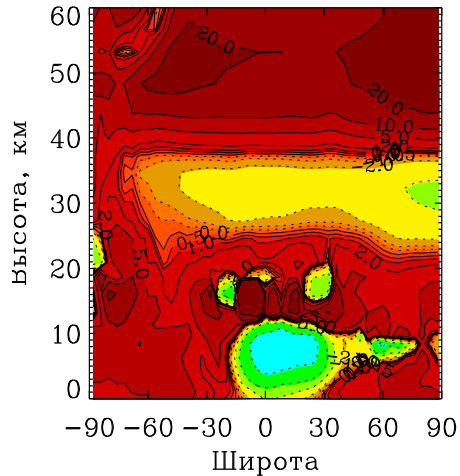
Декабрь-Февраль



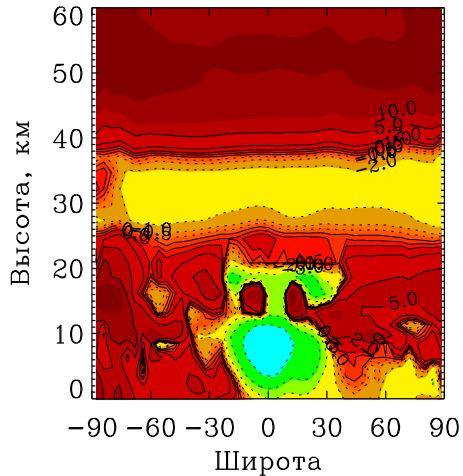
Март-Май



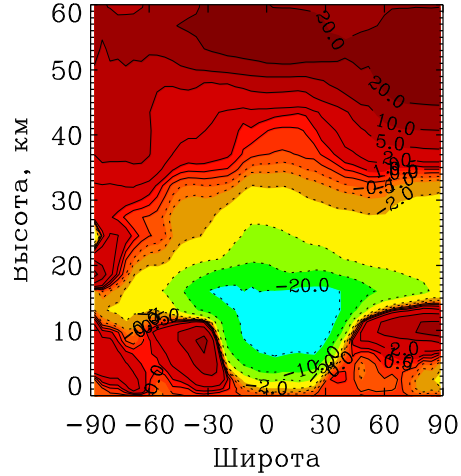
Июнь-Август



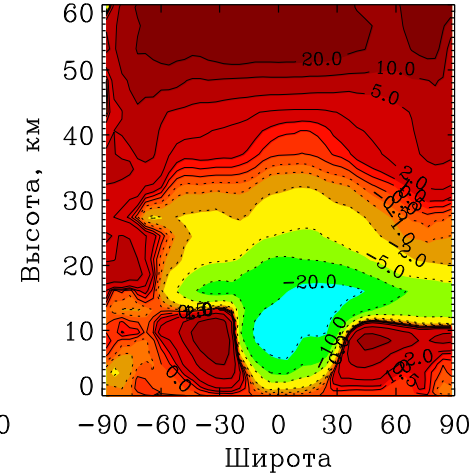
Сентябрь-Ноябрь



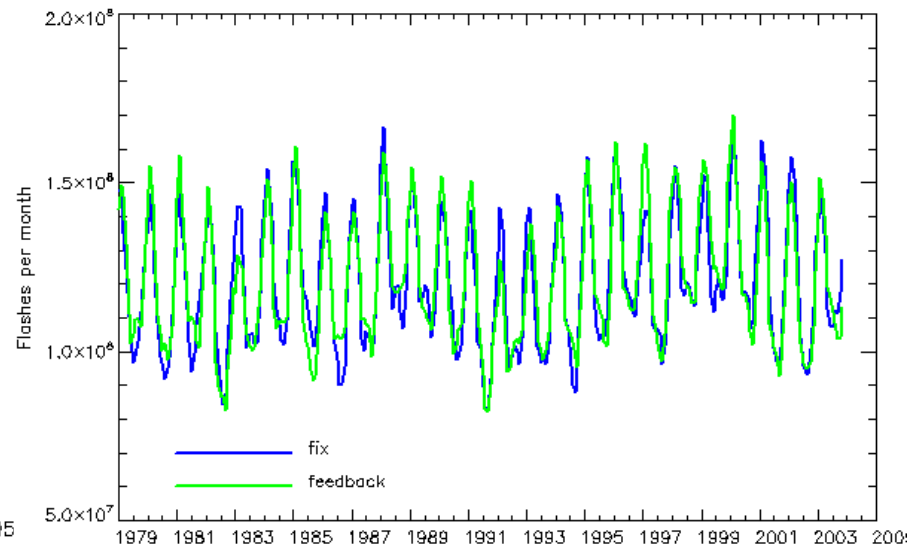
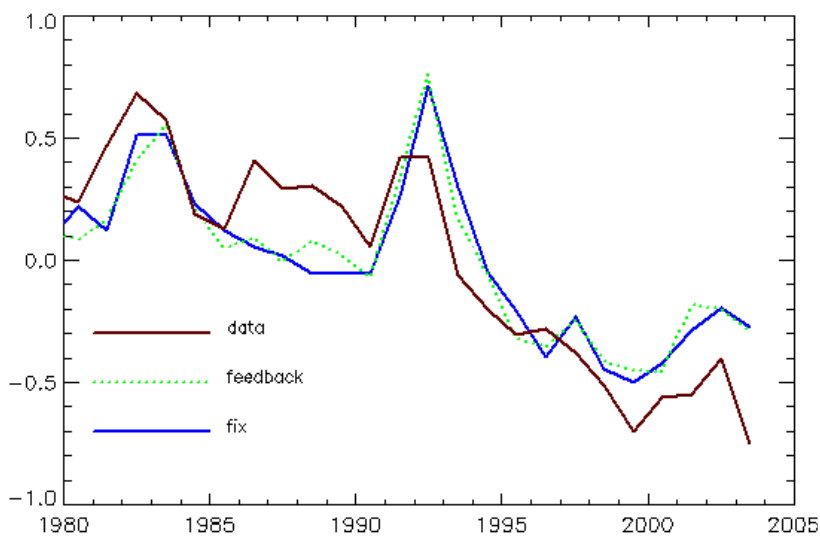
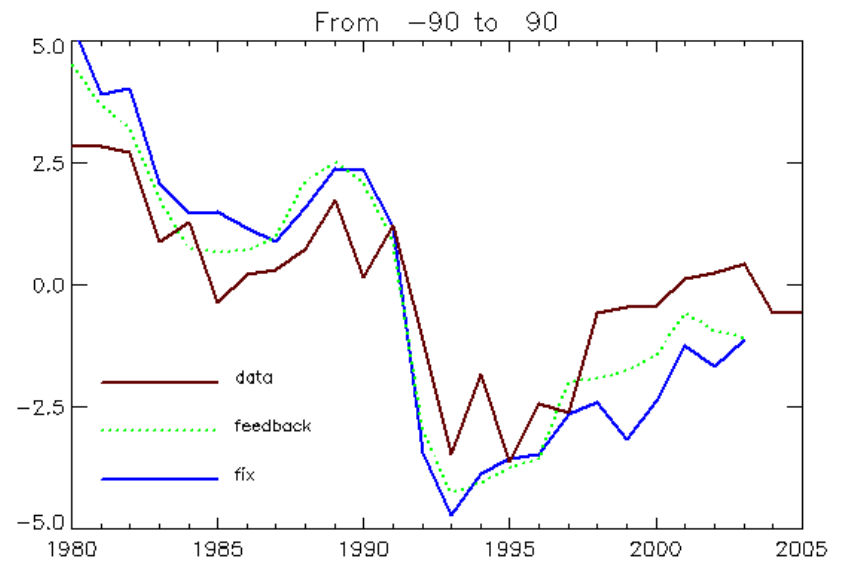
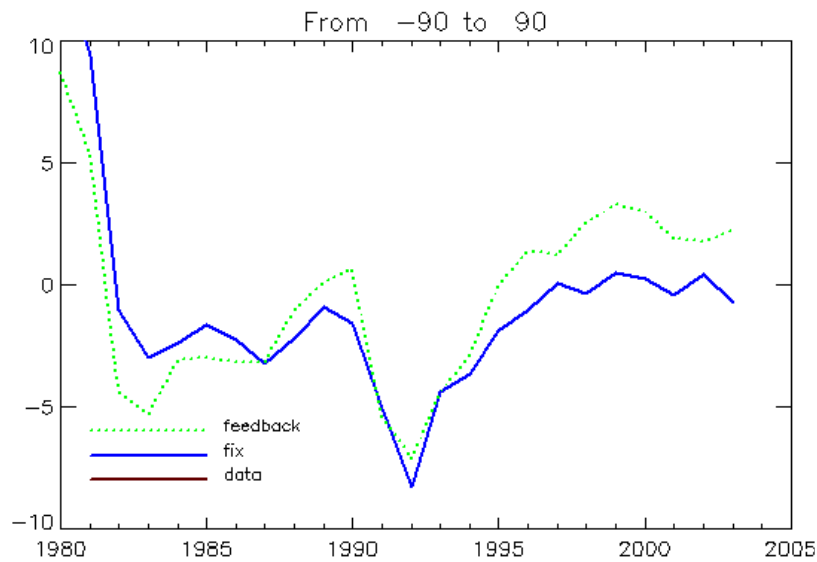
Июнь-Август



Сентябрь-Ноябрь

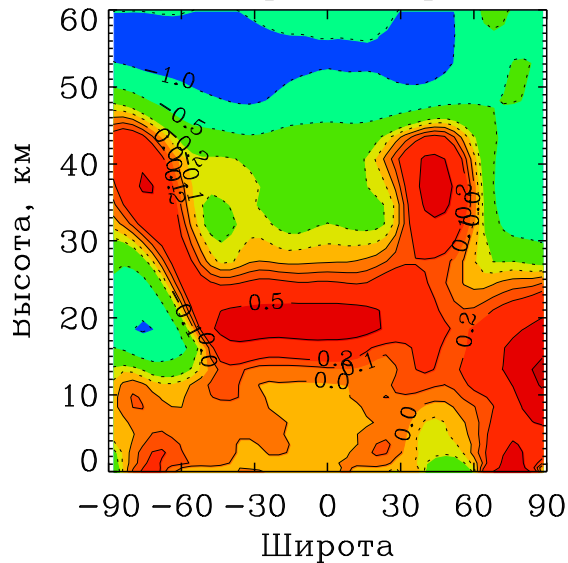


Временная изменчивость при включении обратной связи

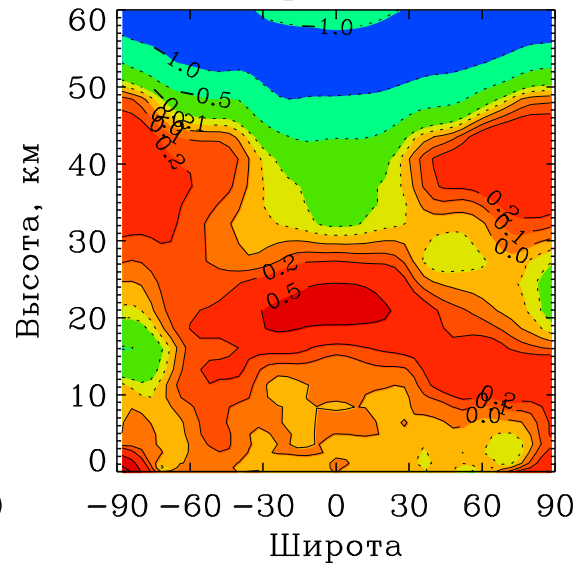


Изменение температуры при включении обратной связи

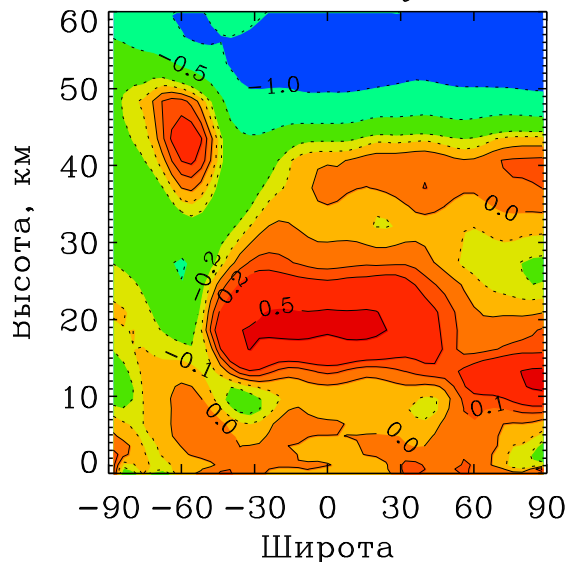
Декабрь-Февраль



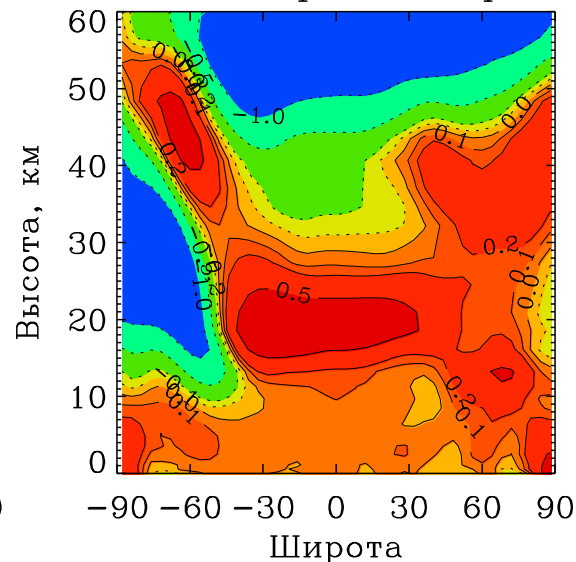
Март-Май



Июнь-Август



Сентябрь-Ноябрь



Заключение

- Обратная связь между реакцией атмосферы на изменение молниевой активности и самой молниевой активностью может приводить к изменению временного хода содержания озона на величины, сопоставимые с другими важнейшими факторами, определяющими газовый состав средней атмосферы.
- Учет обратной связи позволяет лучше описывать изменение содержания озона относительно данных измерений.
- Влияние на температуру компенсируется в межгодовой изменчивости, но имеет заметные локальные эффекты

Спасибо за внимание!