

Численное моделирование влияния изменчивости химического состава на температуру нижней и средней атмосферы

С.П.Смышляев^{1,3}, В.Я.Галин², М.А.Усачева^{1,3},
Е.В.Розанов³, В.А.Зубов³, А.Р.Яковлев^{1,3}

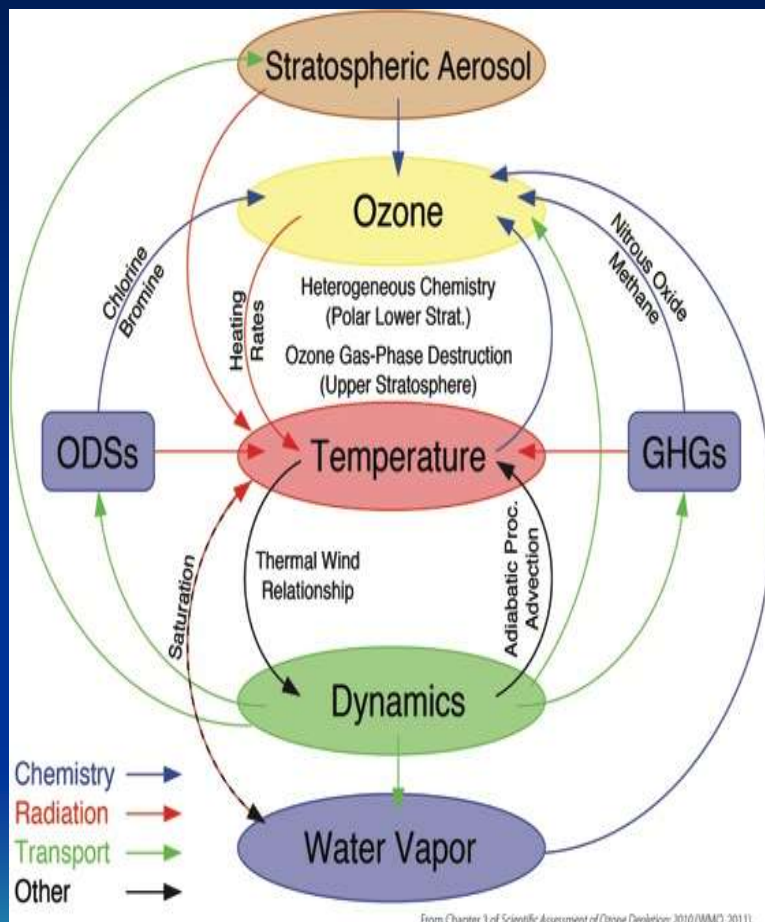
¹ Российский государственный гидрометеорологический университет

² Институт вычислительной математики РАН

³ Лаборатория исследования озона и верхней атмосферы СПбГУ

Мотивация и цели

- К.Я.Кондратьев «Химия атмосферы и климат» - Успехи химии, 1990.



Значение различных малых газовых компонентов с точки зрения их воздействия на химические процессы в атмосфере и мировой климат [12, 13]

Компонент	Воздействие * на		
	химические процессы	климат	климатохимические явления
Диоксид углерода	0	2	1
Озон	2	2	2
Метан	2	1	1
Монооксид углерода	2	0	1
Геммоксид азота	2	1	1
Оксиды азота NO и NO ₂	2	0	1
Гидроксил	2	0	1
Трихлорфторметан	2	1	1
Дихлордифторметан	2	1	1
Бромхлордифторметан	2	0	1
Бромтрифторметан	2	0	1
Дисульфид серы	1	0	1
Карбонилсульфид	1	0	1

* Принятые обозначения: 2 — сильное воздействие, 1 — умеренное воздействие, 0 — слабое воздействие.

- Парниковые потенциалы химически активных газов в десятки и сотни раз выше потенциала CO₂

Цель работы: На основе численных экспериментов сравнить влияние химических компонентов на температуру тропосферы и стратосферы с другими факторами

Чувствительность приземной температуры воздуха и общего содержания озона к изменениям концентрации МГК

Компонент	Изменение концентрации МГК	Изменение ПТВ, °С	Изменение общего содержания озона %
Диоксид углерода	330 → 660 млн ⁻¹	1,5—4,5	3,1
Метан	1,7 → 3,4 млн ⁻¹	0,2—0,4	2,1—3,3
Хлоруглеродные соединения	0 → 1,0 млрд ⁻¹ (CFCl ₃) *	0,5	-3,3 ÷ -5,5
	0 → 2,7 млрд ⁻¹ (CF ₂ Cl ₂) *		
	0 → 1,8 млрд ⁻¹ (CFCl ₃) **	1,0	-15,7
	0 → 5,0 млрд ⁻¹ (CF ₂ Cl ₂) **		
	0 → 1,5 млрд ⁻¹ (CН ₃ ССl ₃) **		
Гемииоксид азота	0,3 → 0,6 млн ⁻¹	0,3—0,4	-8,7 ÷ -10,7
Озон	Удвоение концентрации в тропосфере	0,9	
Вода	3—6 млн ⁻¹ в стратосфере	0,6	

* Постоянные выбросы на уровне 1977 г.

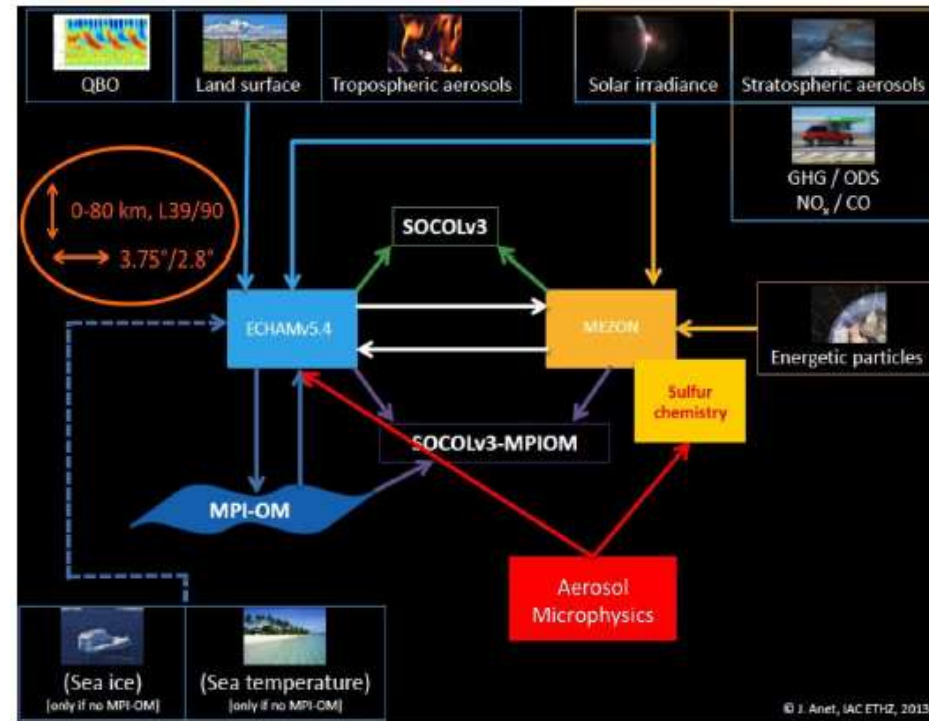
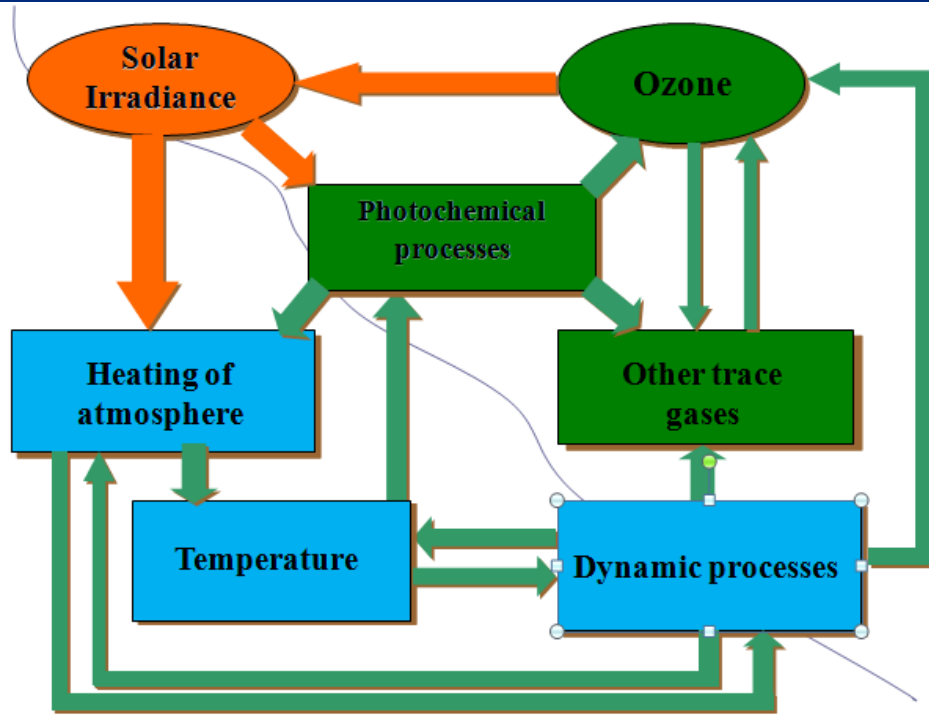
** Удвоенная величина постоянных выбросов на уровне 1983 г.

Методология

Численные эксперименты с использованием двух химико-климатических моделей нижней и средней атмосферы по разным сценариям

ХКМ ИВМ РАН – РГГМУ
(GCM INM + SUNY-SPB CTM)

ХКМ SOCOL
(GCM MA-ECHAM5 + MEZON CTM)

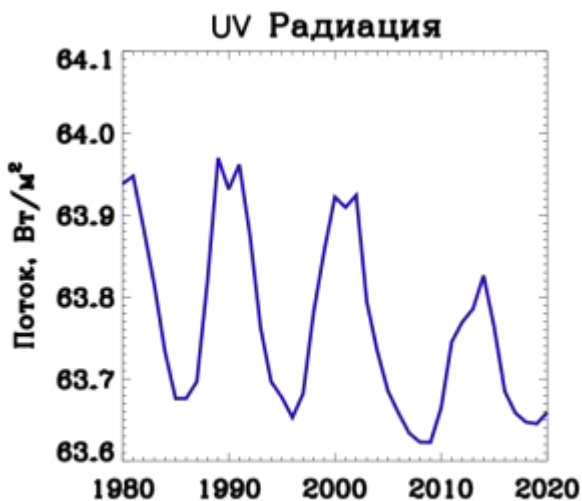
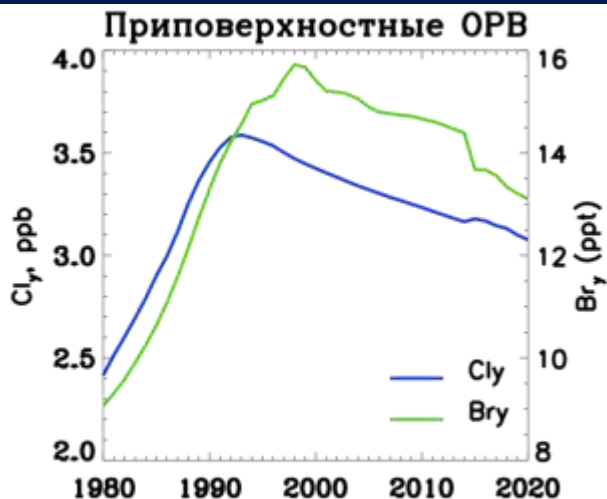


Новая версии радиационного кода

Развитие химико-климатической модели ИВМ РАН - РГГМУ

- Разработан одномерный (изменчивость по высоте) универсальный алгоритм расчета скоростей изменения концентраций химически активных газов атмосферы в результате газофазных и гетерогенных химических реакций во всех высотных узлах с учетом процессов фотодиссоциации;
 - Алгоритм интегрирован в динамическое ядро климатической модели ИВМ РАН, ведется работа по его интеграции в современную версию INM CN6.
 - Адаптирован новый алгоритм радиационного кода; , способный работать до высот 120 км.
 - Новая версия радиационного блока модели ИВМ РАН создана на базе функций пропускания атмосферных газов в тепловом диапазоне спектра (LW) из программы CLIRAD_LW (NASA) ;
 - В коротковолновой части спектра (SW) сохранены прежние коэффициенты взаимодействия атмосферных субстанций с солнечным излучением, но расчеты потоков проводятся с двойной точностью. Особенно такая точность сказалась при решении уравнений переноса излучения методом прогонки по Самарскому в верхних слоях атмосферы со слабым поглощением.
 - Модифицирован алгоритм учета облачности в LW и SW
- Разработанный алгоритм и прототип могут использоваться в моделях химического состава атмосферы, моделях качества воздуха, объединенных моделях изменения климата и состава атмосферы, интегрированных моделях численного прогноза погоды и качества воздуха**

Сценарии численных экспериментов

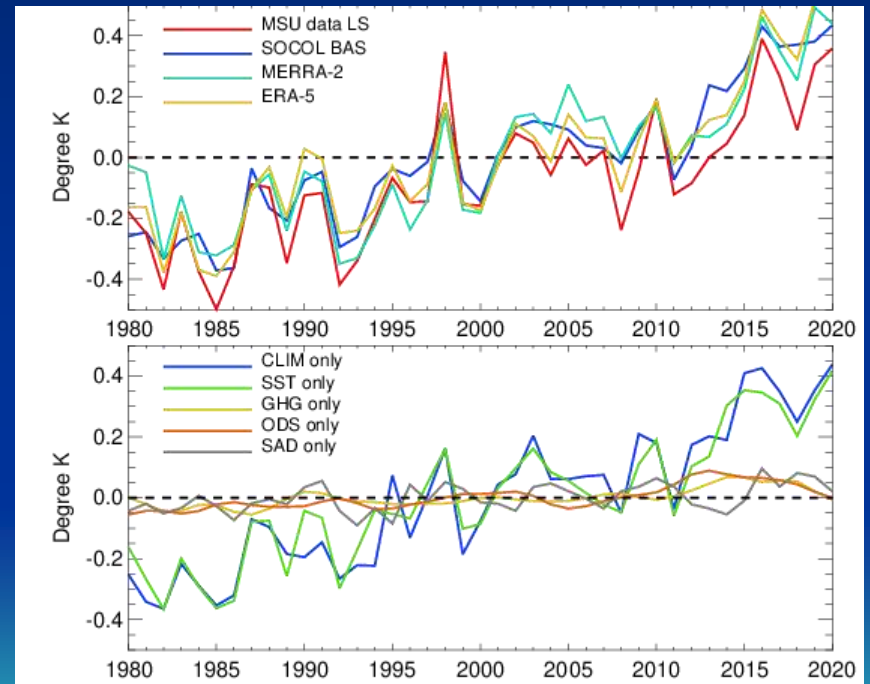
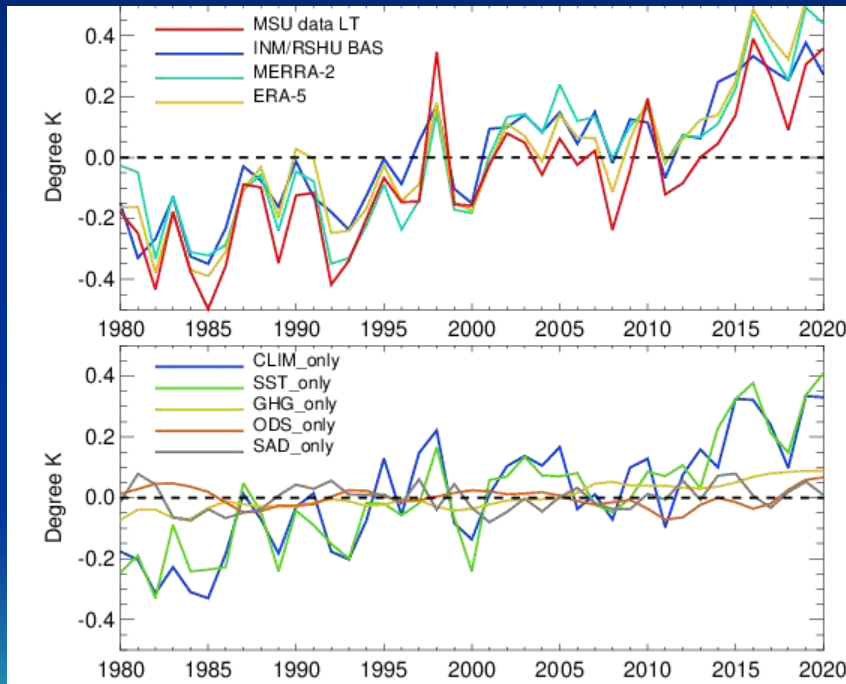


BAS – учитывается влияние всех факторов
SAD_only – учитывается только изменчивость стратосферного аэрозоля
SST_only - учитывается только изменчивость температуры поверхности океана
GHG_only - учитывается только изменчивость парниковых газов
CLIM_only – SST + GHG
Sc_only - учитывается только изменчивость потоков солнечной радиации
ODS_only - учитывается только изменчивость озоноразрушающих газов

Нижняя тропосфера, Глобальная температура

ИВМ - РГГМУ

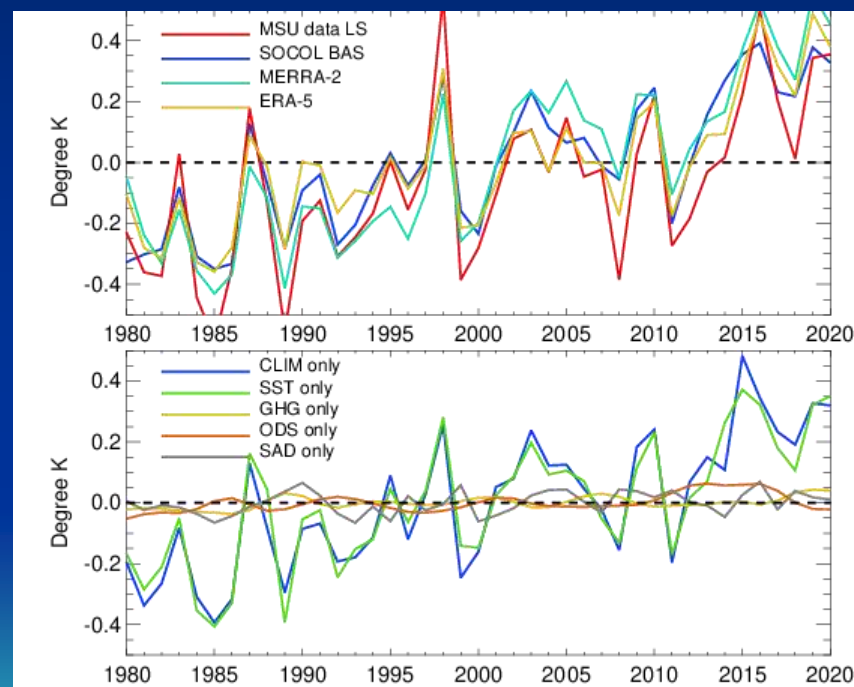
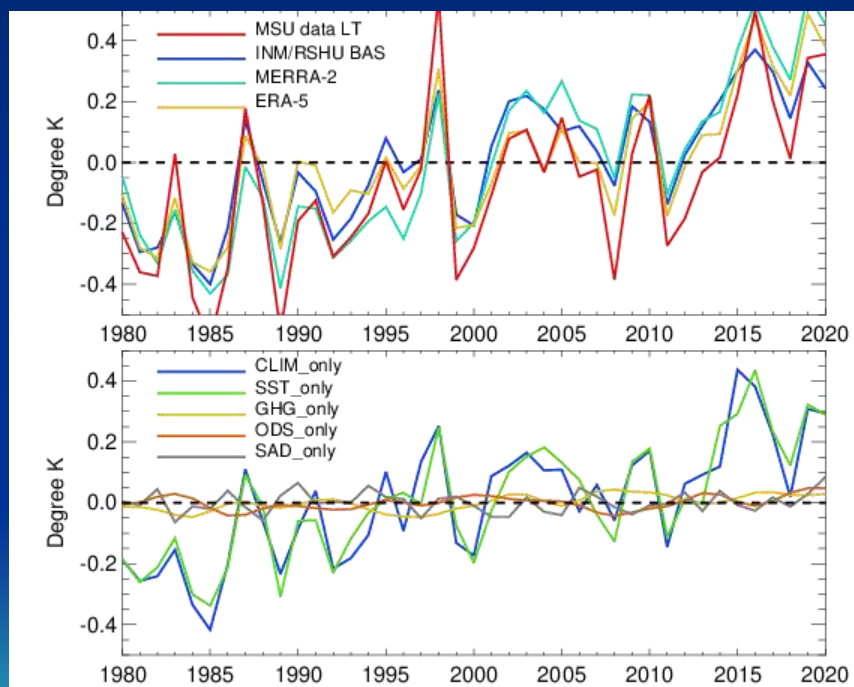
SOCOL



Нижняя тропосфера, тропики

ИВМ - РГГМУ

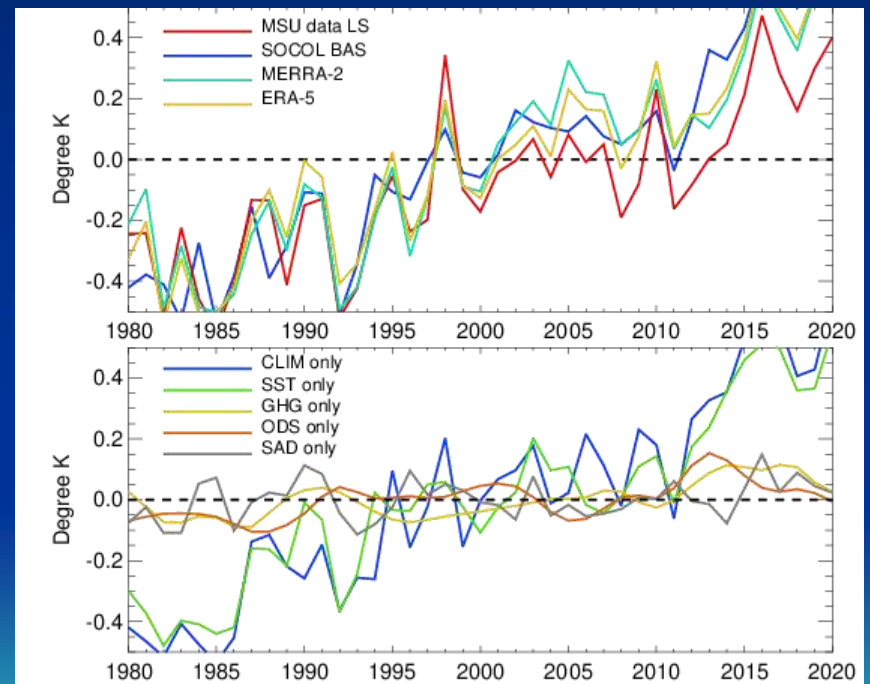
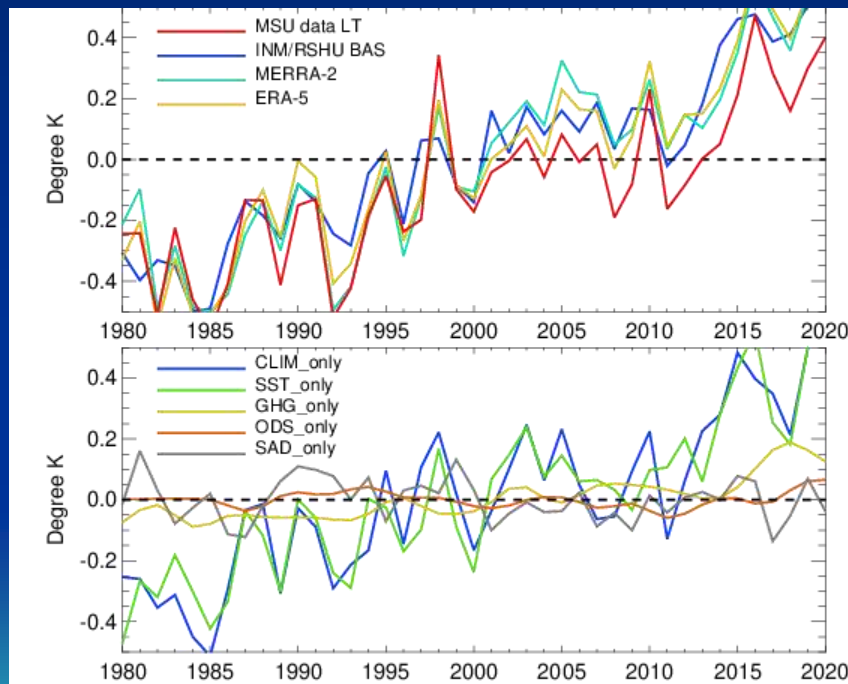
SOCOL



Нижняя тропосфера, Северное полушарие

ИВМ - РГГМУ

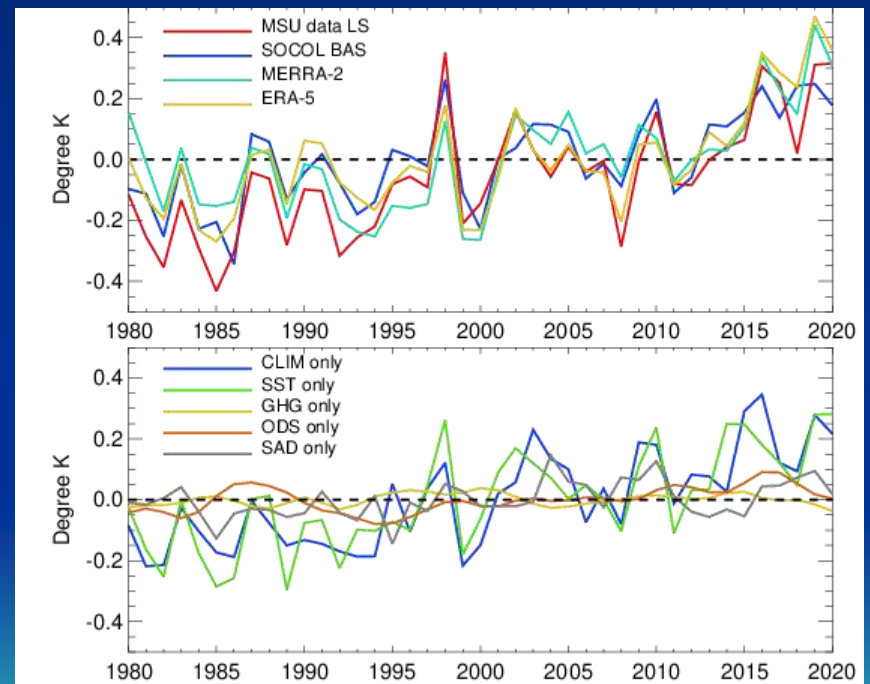
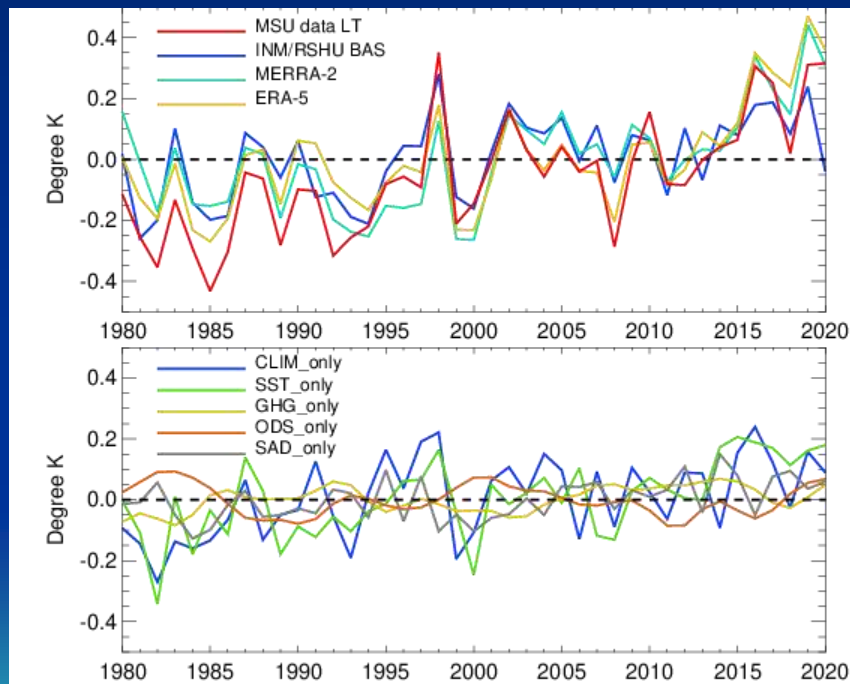
SOCOL



Нижняя тропосфера, Южное полушарие

ИВМ - РГГМУ

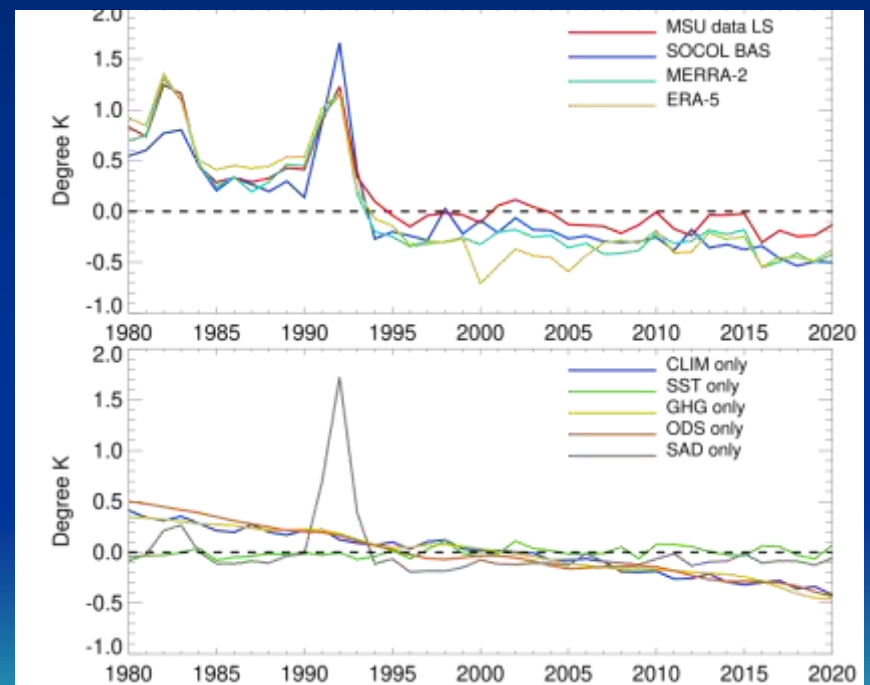
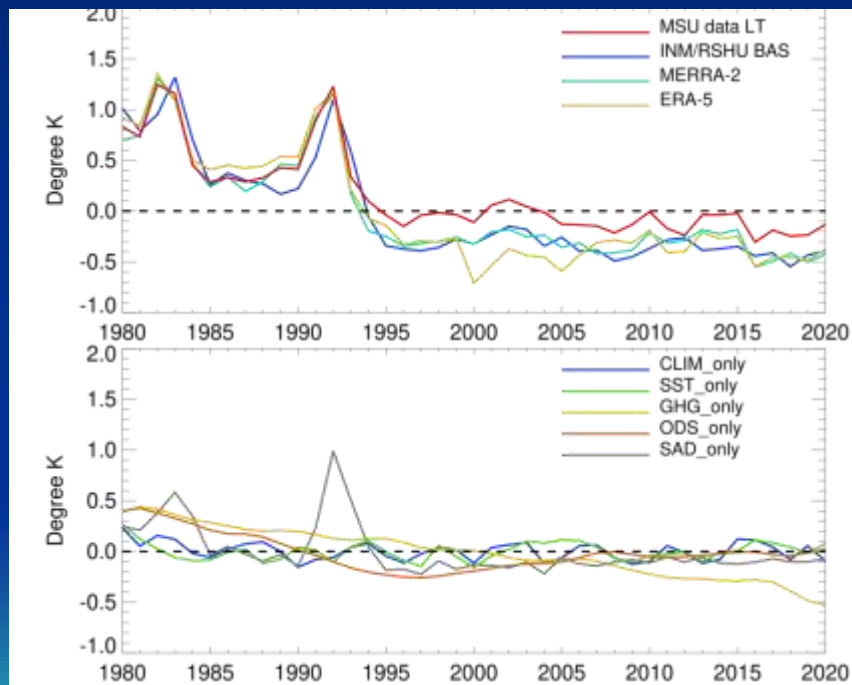
SOCOL



Нижняя стратосфера, Глобальная температура

ИВМ - РГГМУ

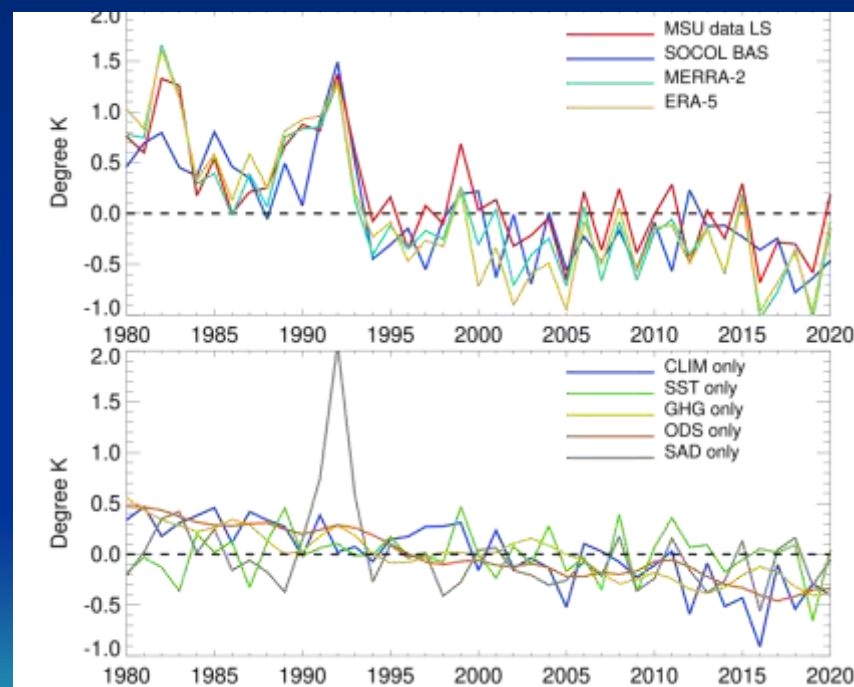
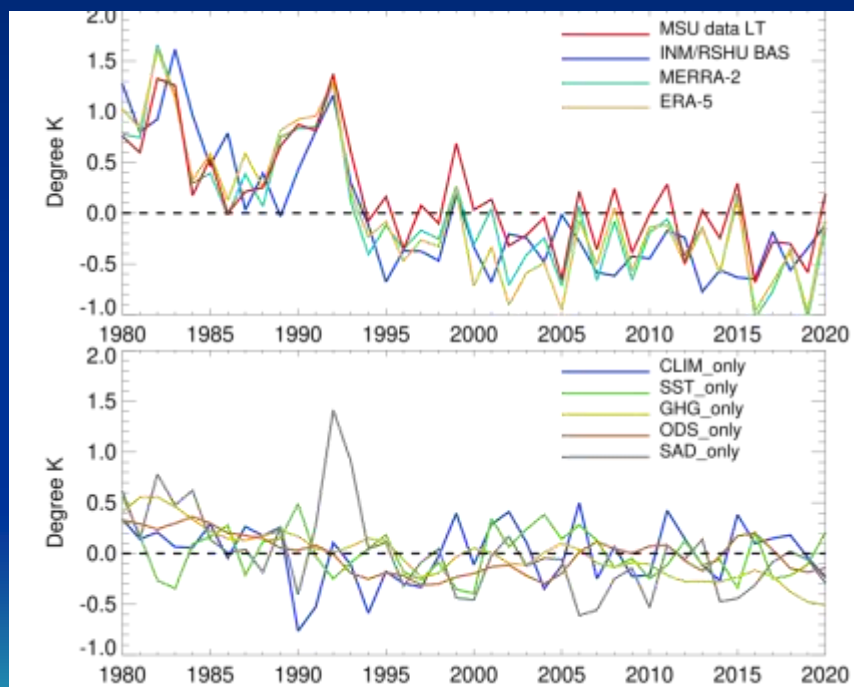
SOCOL



Нижняя стратосфера, тропики

ИВМ - РГГМУ

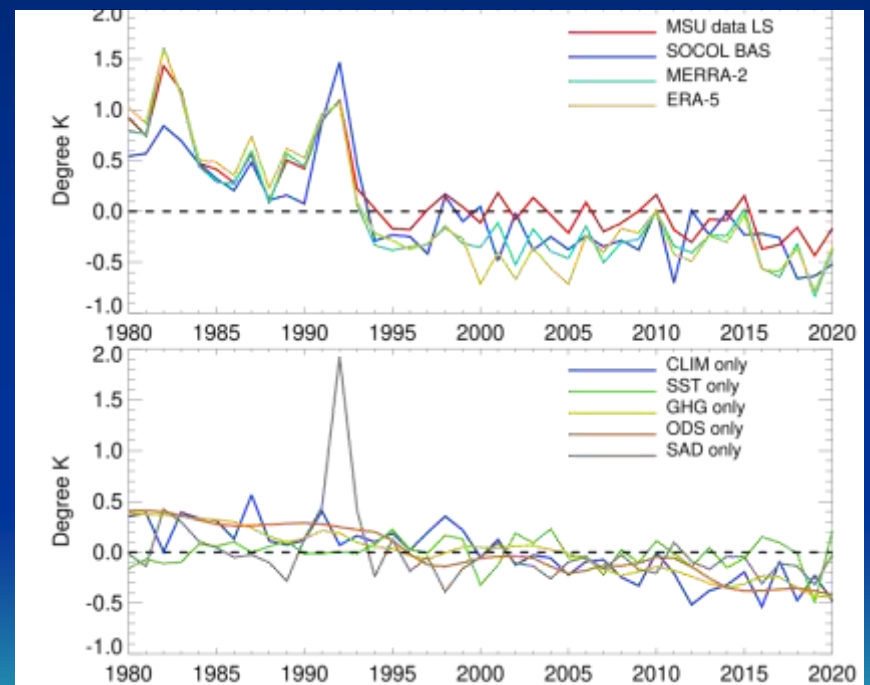
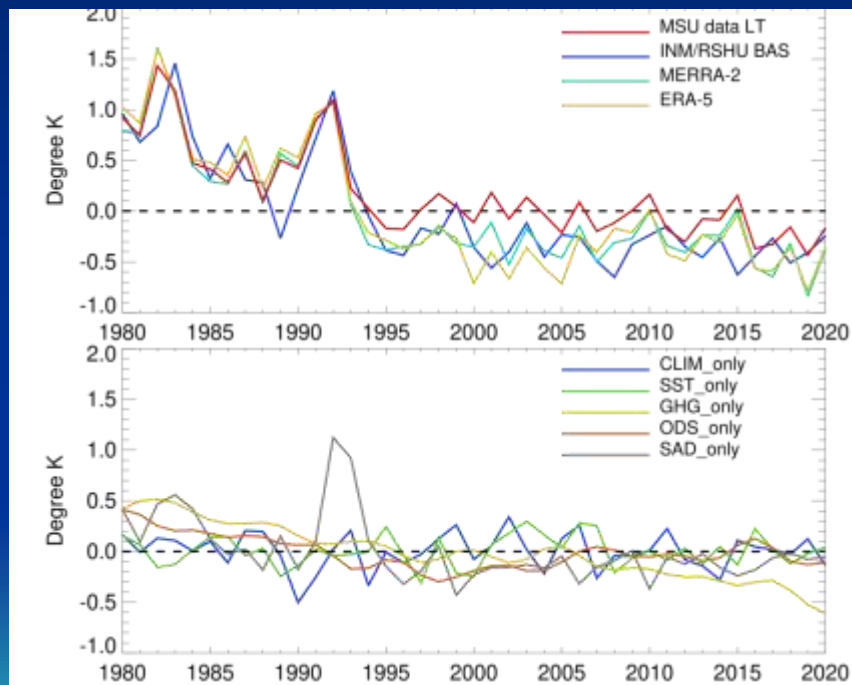
SOCOL



Нижняя стратосфера, Северное полушарие

ИВМ - РГГМУ

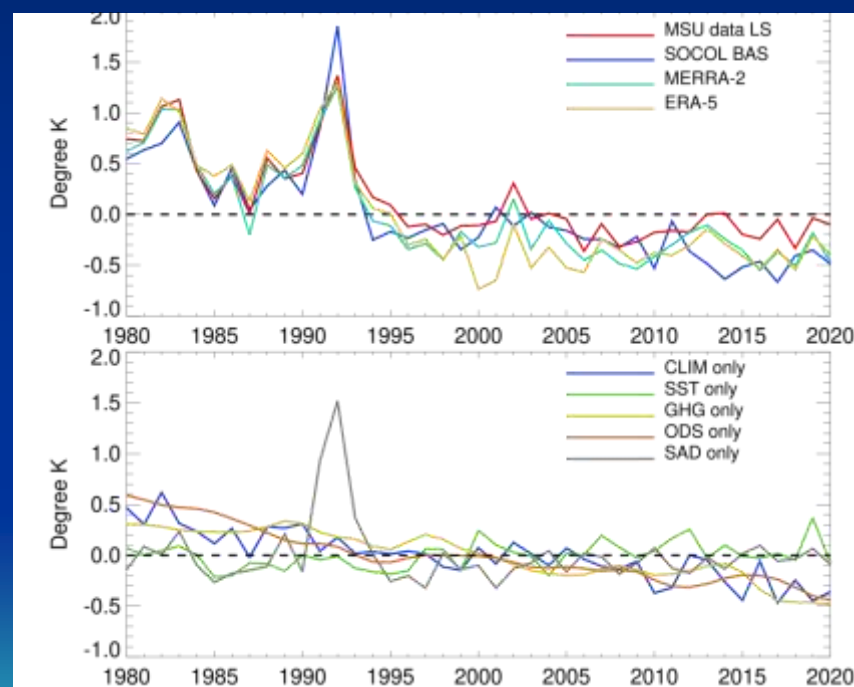
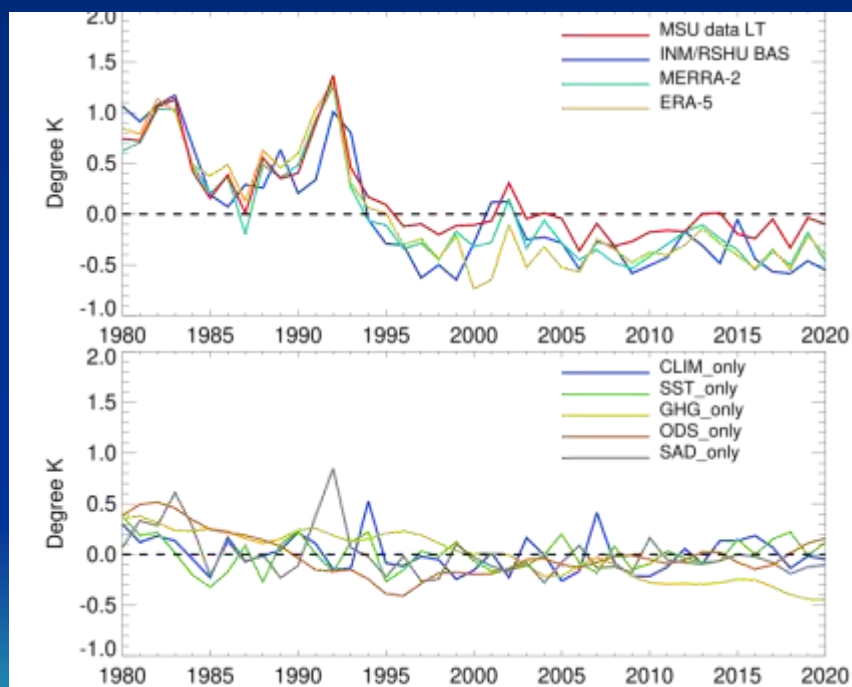
SOCOL



Нижняя стратосфера, Южное полушарие

ИВМ - РГГМУ

SOCOL



Заключение

- Химико-климатическая модель ИВМ РАН – РГГМУ обновлена за счет использования универсального одномерного прототипа химического блока, нового радиационного кода, унификации переноса химически активных газов с динамическим ядром модели ИВМ РАН;
- Расхождение между результатами расчетов по ХКМ ИВМ РАН – РГГМУ и SOCOL с ядром ECHAM5 находится в пределах расхождения между данными разных ре-анализов и спутниковыми измерениями.
- Изменение температуры нижней тропосферы в основном определяется вариациями температуры поверхности океана, а влияние химии сравнимо с другими факторами;
- Охлаждение нижней стратосферы в основном определяется изменением химически активных компонентов и парниковых газов
- Развитие модели: включение химии в текущую версию INM CN6
- Развитие работы - Влияние химии атмосферы на водяной пар и облака, на океанические процессы?

Thanks for your attention!!!

