



Исследования трендов состава атмосферы и их отклика на климатические изменения на основе орбитальной информации и модельных расчетов

Ракитин В.С., Штабкин Ю.А., Кириллова Н.С., Федорова Е.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова

E-mail: vadim@ifaran.ru

Москва, 20 ноября 2024 г.

Введение: тренды, эмиссии, воздействия

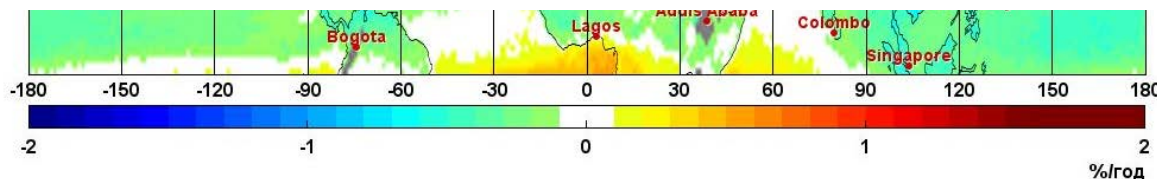
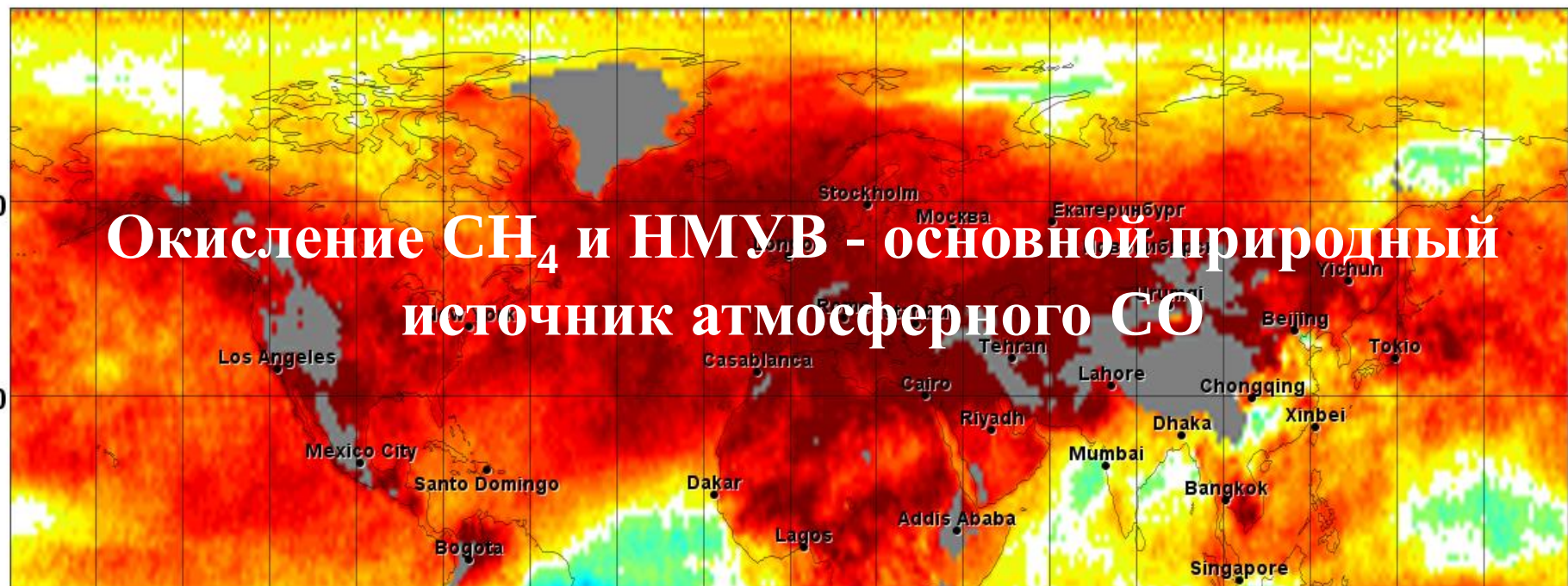
Тр



да пожаров)

Тренд ОС СО (2008-2023) минус тренд (2003-2008). Без сезона пожаров (июнь-сентябрь)

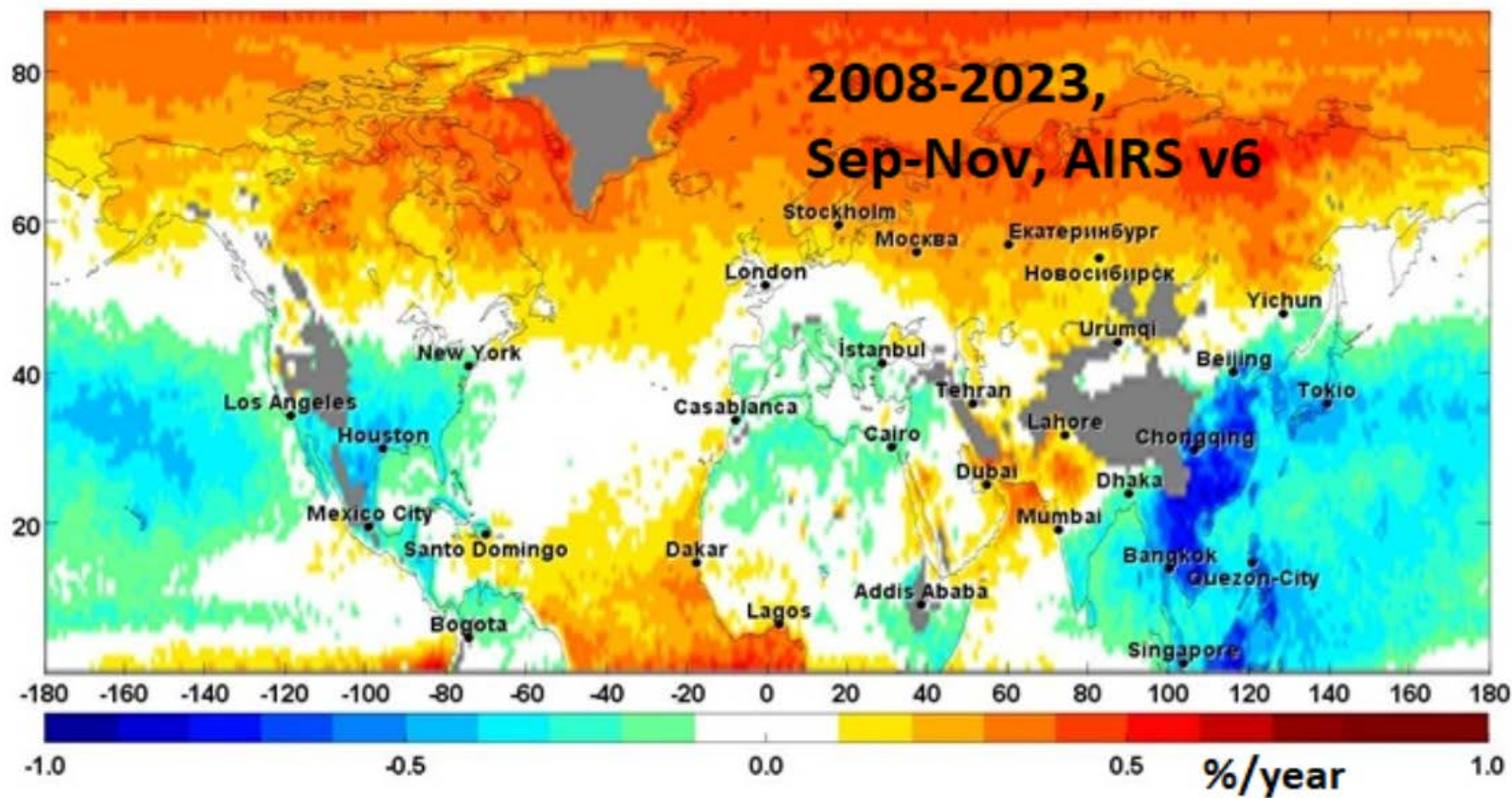
Окисление CH_4 и НМУВ - основной природный источник атмосферного СО



Введение: **тренды**, эмиссии, воздействия

Обнаружено, что после ~ 2007-2008 г. тренды ОС СО и CH_4 изменились.

Пример: тренды ОС СО, сентябрь-ноябрь 2008-2023 гг., AIRS v6



Тренд ОС СО в средних и высоких широтах – положительный, до 1%/год.

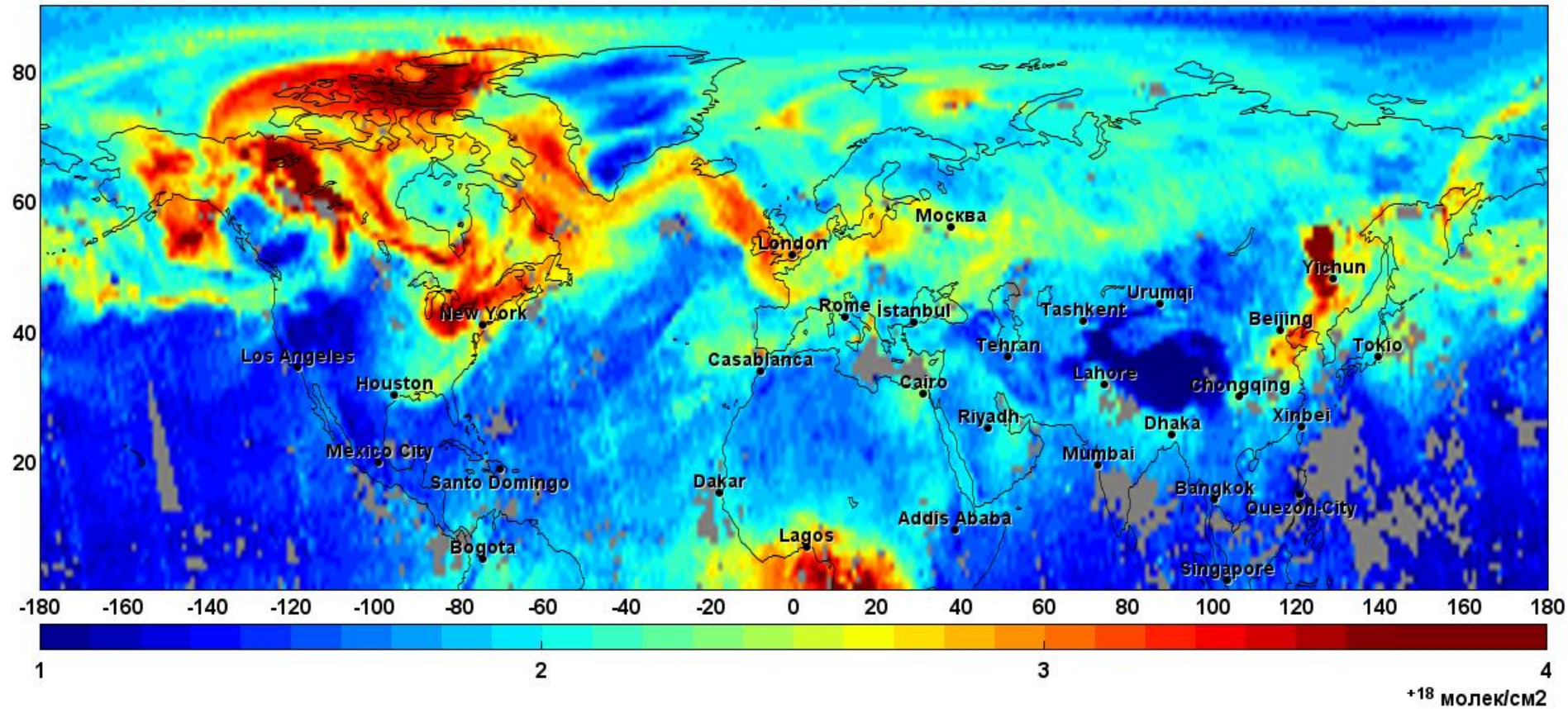
Лесные пожары в средних широтах заканчиваются в августе (в отдельные годы в сентябре).

Время жизни СО: 2 недели – 3 месяца (зимой в высоких широтах).

В чем причина такого характера трендов СО в последние годы?

По одной из версий, это могут быть природные пожары в НН. Примеры трансконтинентального переноса СО из района лесных пожаров в Северной Америке. Эпизод 1

TROPOMI OC CO, 25.07.2023

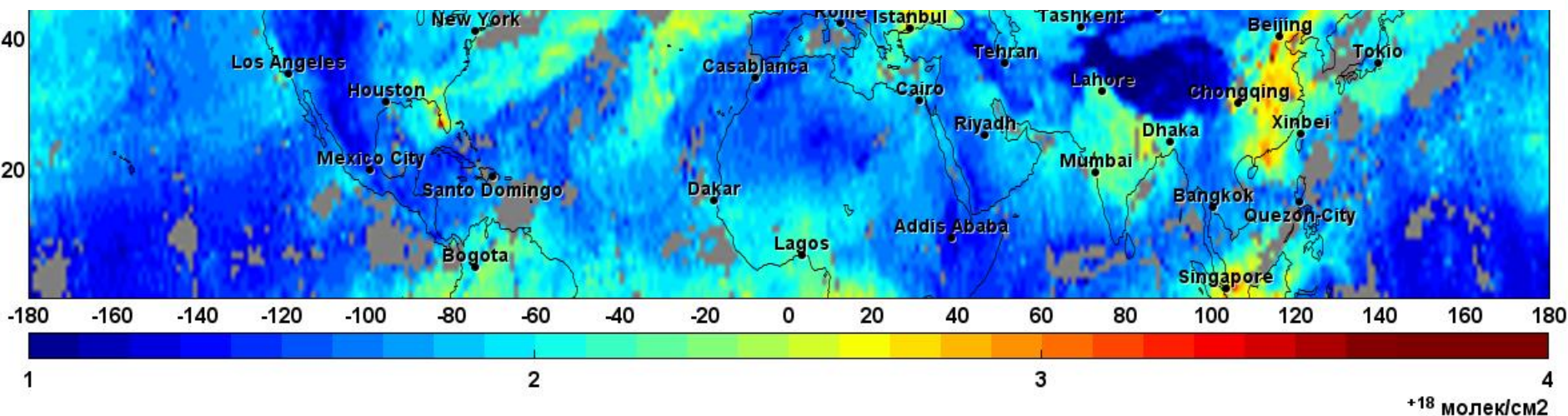


Эпизод 3 (конец сентября!!!)

Примеры трансконтинентального переноса СО из района лесных пожаров в Северной Америке

TROPOMI OC CO, 03.10.2023

За период 15.05-10.10.2023 было зафиксировано 46 случаев переноса СО из района лесных пожаров в Северной Америке, приведших к 2-х и более кратному превышению ОС над типичными фоновыми значениями на территории России

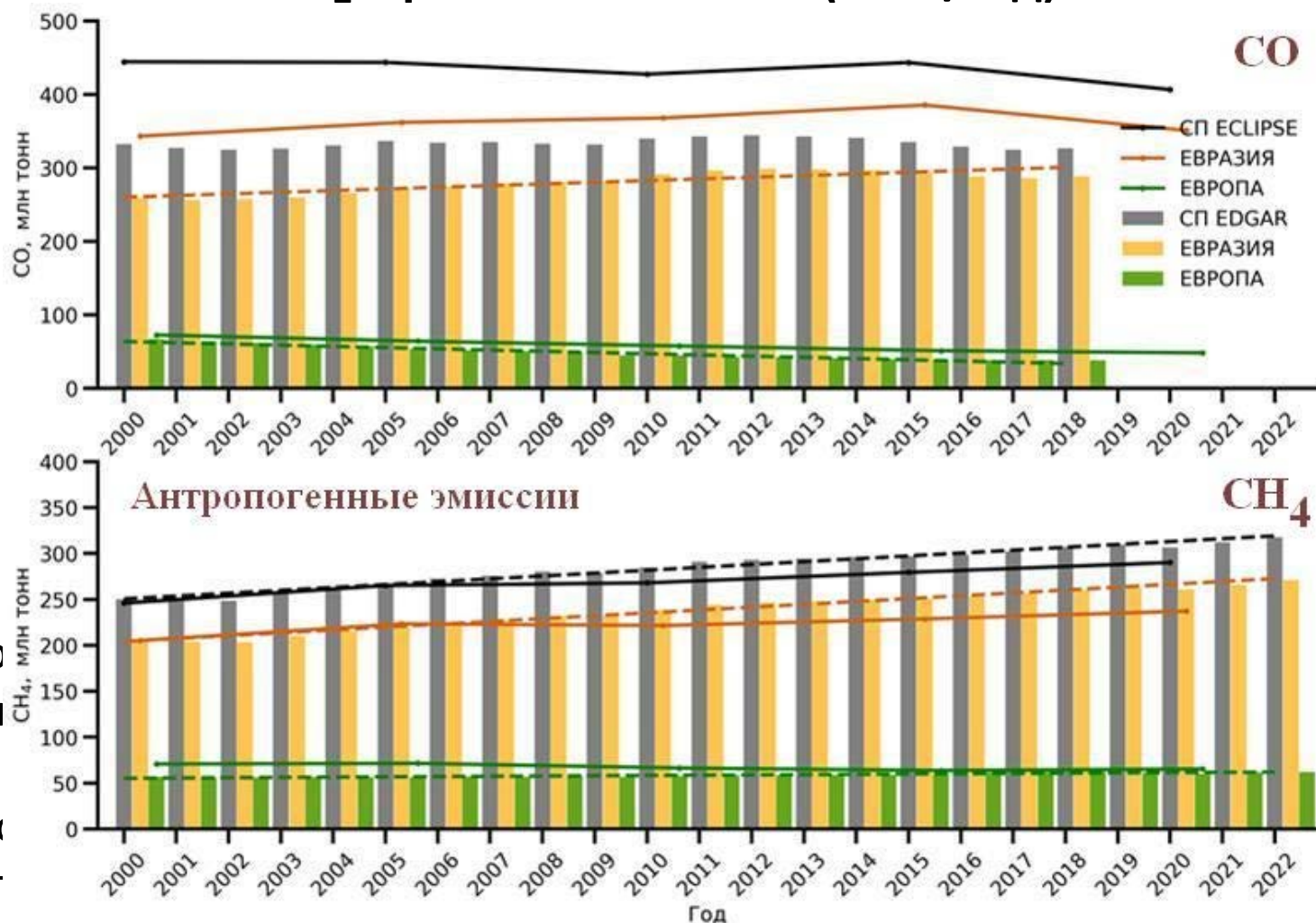


Введение: тренды, эмиссии, воздействия

Что известно о трендах содержания и концентрации CO и CH₄?

CO – отрицательный тренд в NH (0.5-1 %/год, 2000-2023 гг.)

После ~2007-2008 г. - замедление скорости спада CO всюду в NH или слабый рост в отдельных регионах, в осенние месяцы – рост до 1%/год
CH₄ – рост после 2007 г. (0.3%/год)



Антр
незн
CH₄
Эми
цент

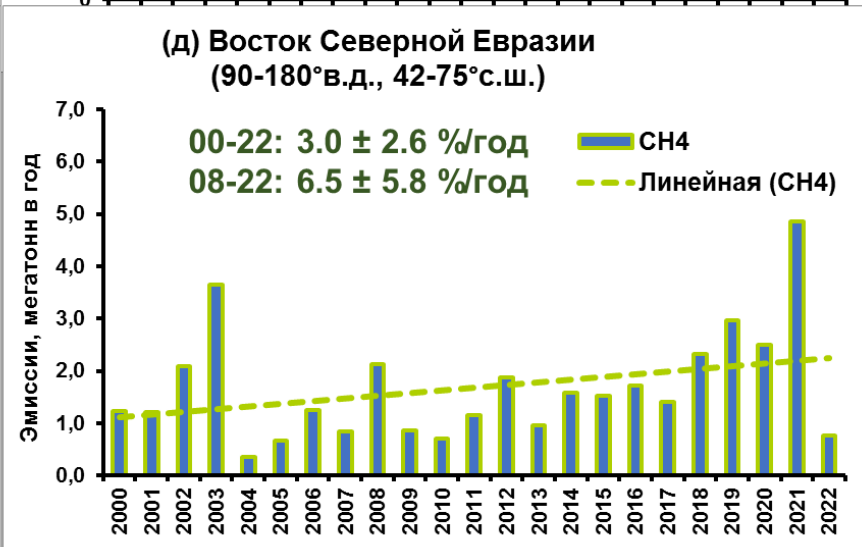
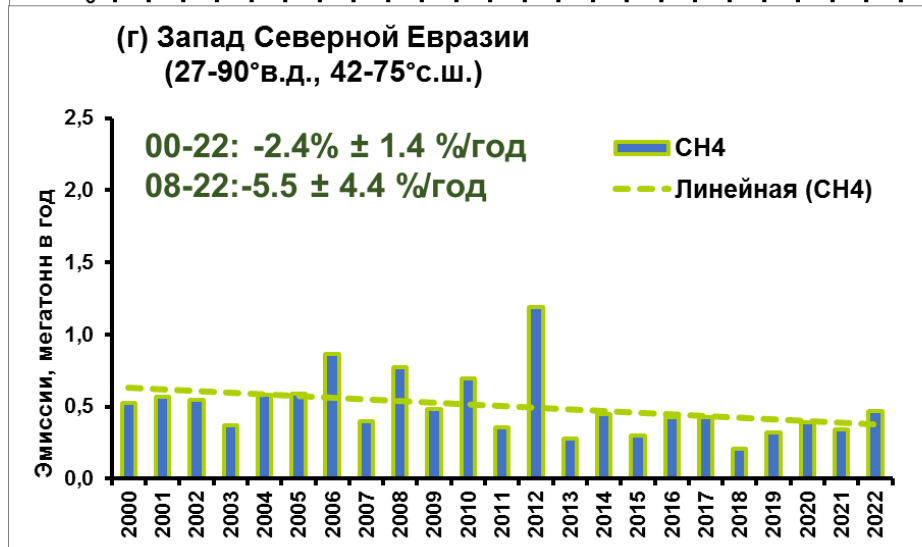
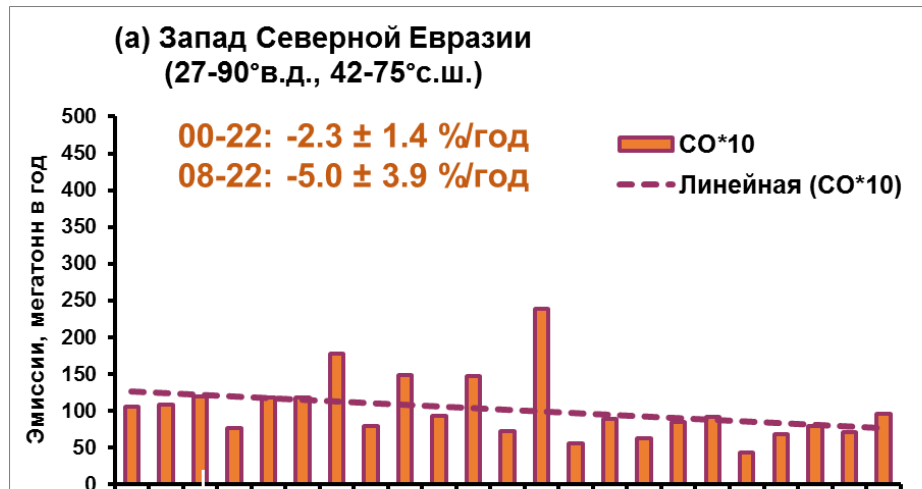
Введение: тренды, **эмиссии**, воздействия

Эмиссии от природных пожаров (Мгт/год), 2000-2021 гг.

Запад. Северная Евразия (27-90°Е, 42-75°N):

(а) – CO и CO₂; (б) – CH₄ и NMHC.

Вост. Северная Евразия (90-180°в.д., 42-75°с.ш.): (в) – CO и CO₂; (г) – CH₄ и NMHC.



Модель GEOS-Chem

- 1) Глобальная трехмерная химико-транспортная модель GEOS-Chem 12-01 (<http://acmg.seas.harvard.edu/geos>)
- 2) Расчеты проводились за период 2003 – 2019 гг., с использованием данных реанализа MERRA2 на сетке с горизонтальным разрешением $4^{\circ} \times 5^{\circ}$
- 3) Базы данных климатически значимых источников эмиссий:
 - Антропогенные (CEDS, во многом опираются на статистику EDGAR)
 - Биогенные (окисление ЛОС, MEGAN 2.1, bai.acd.ucar.edu/MEGAN/)
 - Природные пожары (GFED 4)

Методы, инструменты

Сценарии модельных расчетов.

Эксперименты с разными эмиссиями CO и CH₄

Основные эксперименты. Цель – изучение трендов и их отклика на климатические изменения, валидация модели и баз данных об эмиссиях:

- **exp_0 – эмиссии использовались без изменений (default, или «как есть»)**
- **exp_1 – антропогенные эмиссии и выбросы CO от природных пожаров фиксировались на уровне 2005 года**

Дополнительные эксперименты (exp_2,3,5). Цель – валидация модели и эмиссионных баз данных

- **exp_4 – для CO, CH₄ и НМУВ: антропогенные эмиссии и выбросы от пожаров фиксировались (на уровне 2005 года)**

Методы, инструменты

Орбитальные измерения



AIRS/Aqua:

общее содержание (ОС) CO, CH₄

- Запущен 4 мая 2002 г.
- Использовались данные третьего уровня (Level 3 v6, разрешение 1° × 1°), только дневные измерения
- К рядом AIRS ОС CH₄ применена динамическая коррекция, т.е. суточная поправка на 1.72×10^{14} молек/см², начиная с 01.01.2003 [Ракитин и др., 2024], **стенд A17**



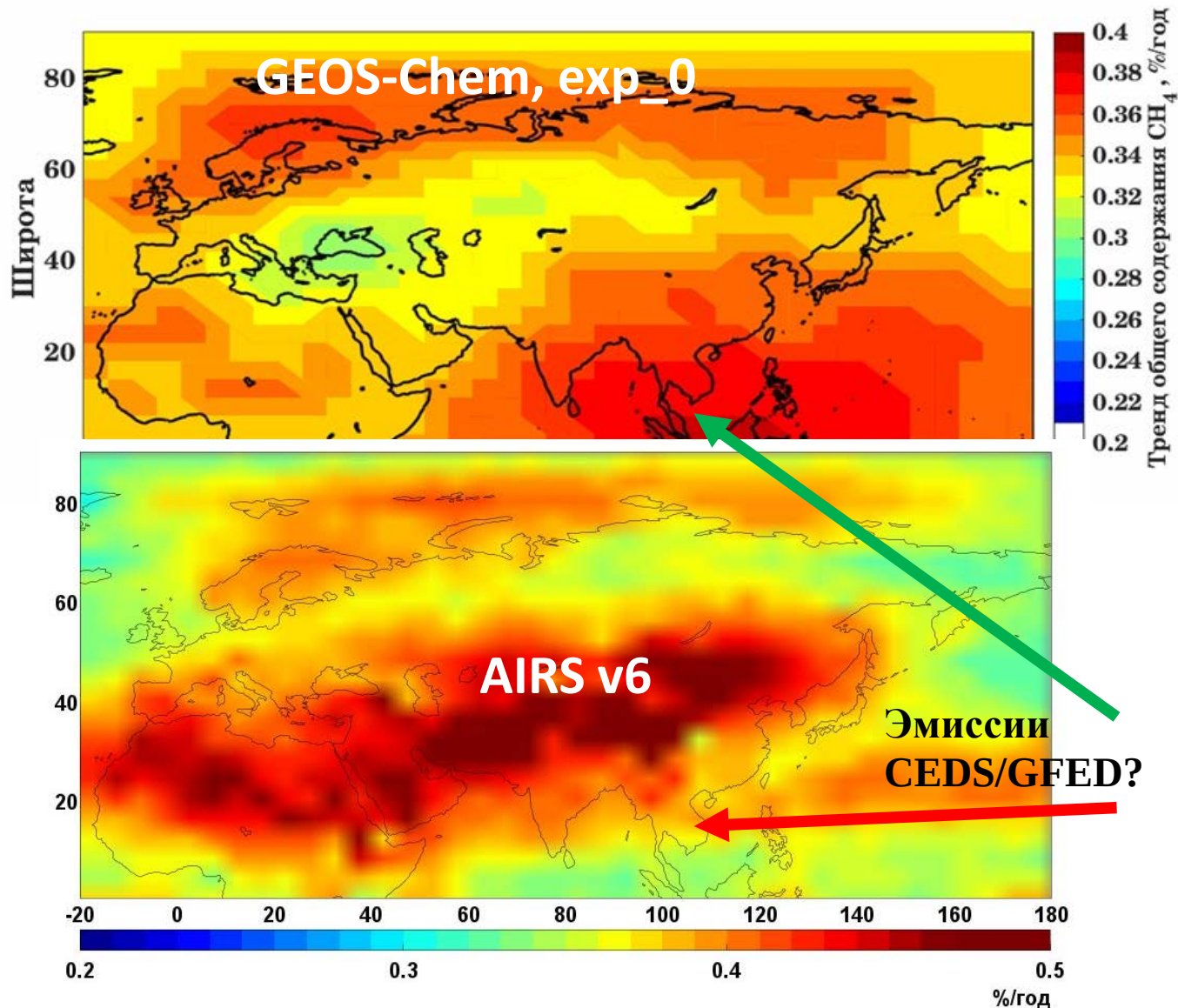
OMI/Aura: общее

содержание (ОС) NO₂

- Запущен в июле 2004 г.
- Пространственное разрешение данных третьего уровня (Level 3 v3) ~ 13×24 км²

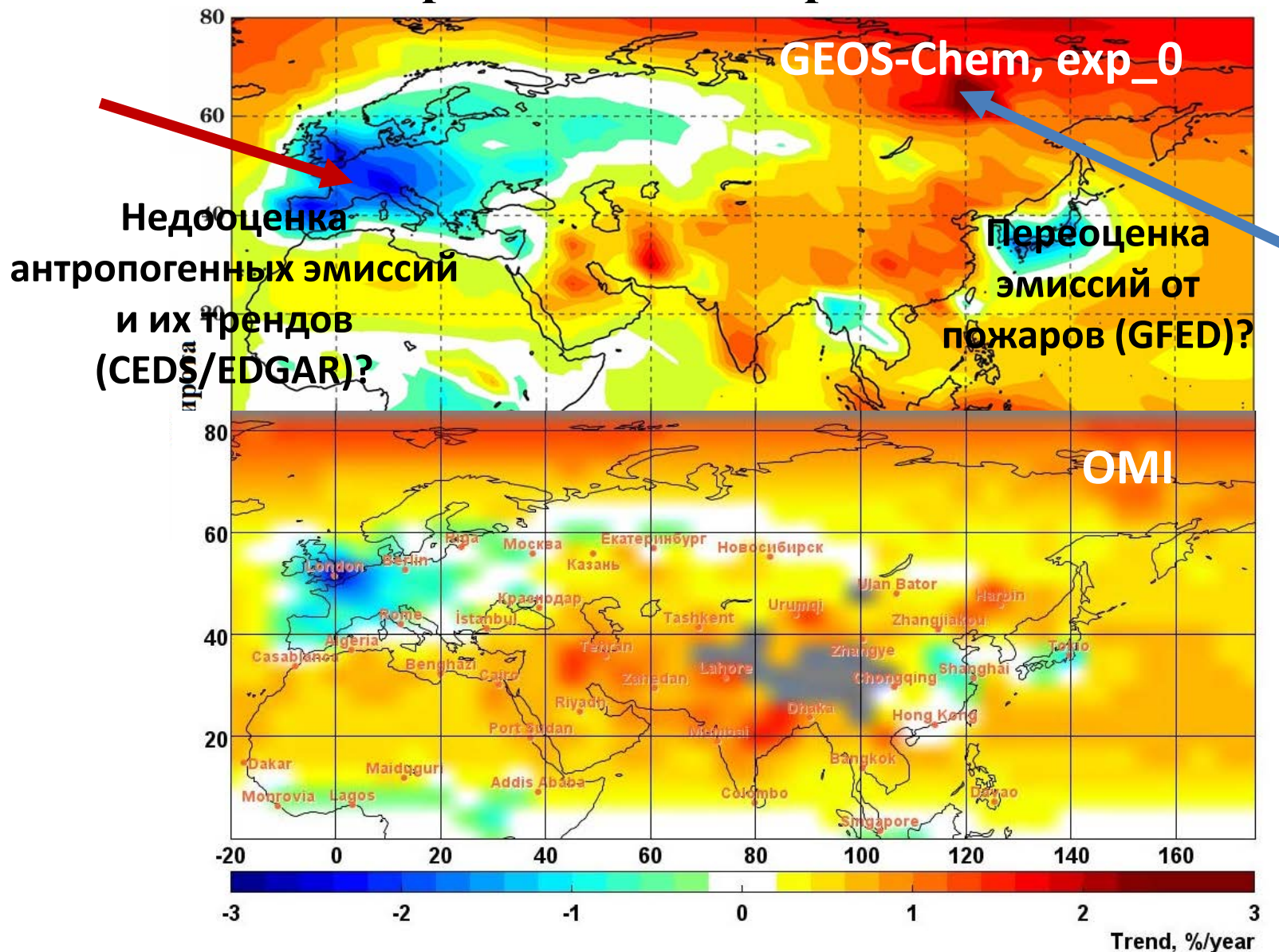
Результаты

Тренды ОС CH_4 , 2003 – 2019, «осень»:
TXM GEOS-Chem, exp_0 – переоценка величины
тренда. К рядам AIRS применена коррекция



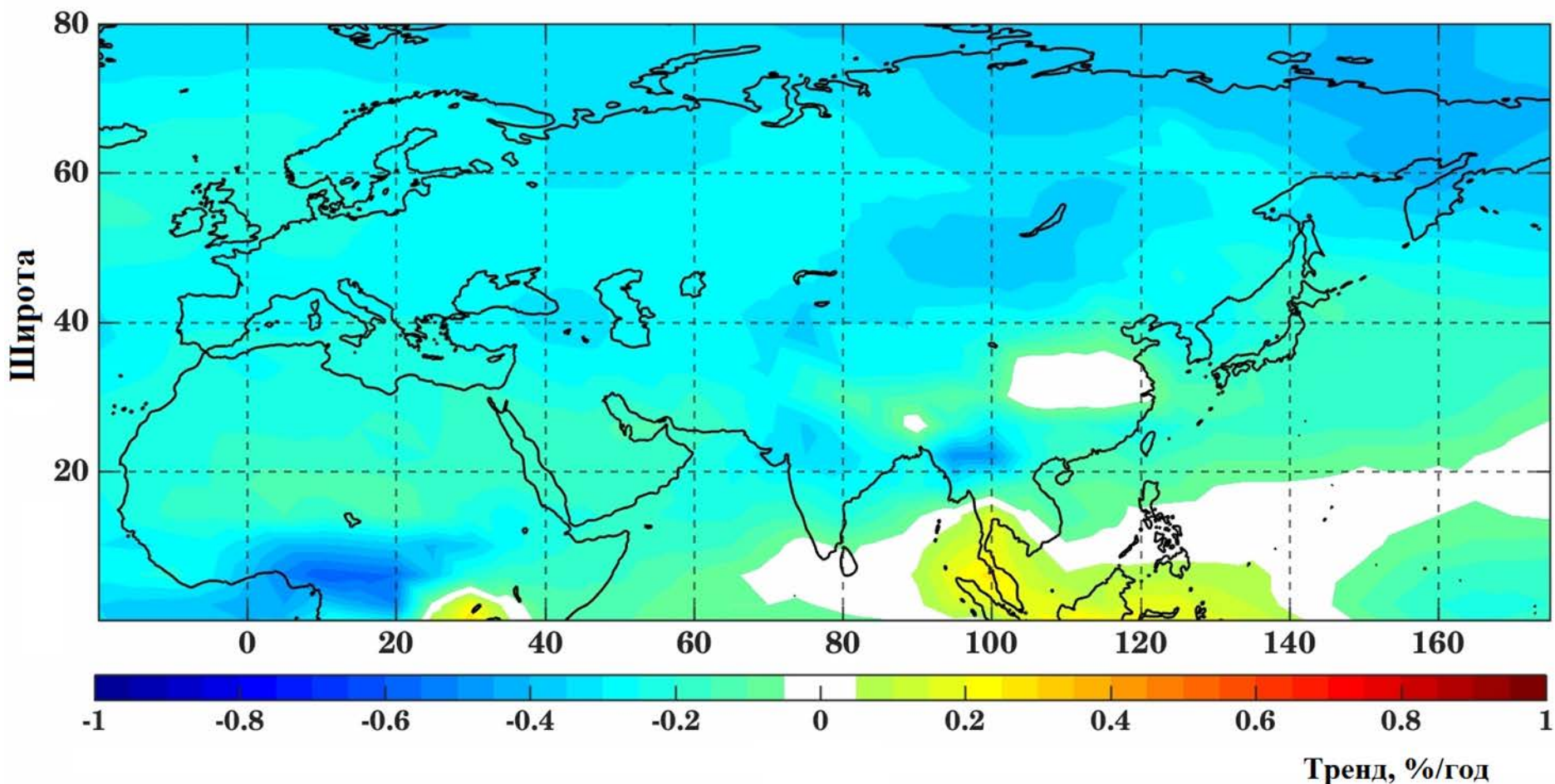
Результаты

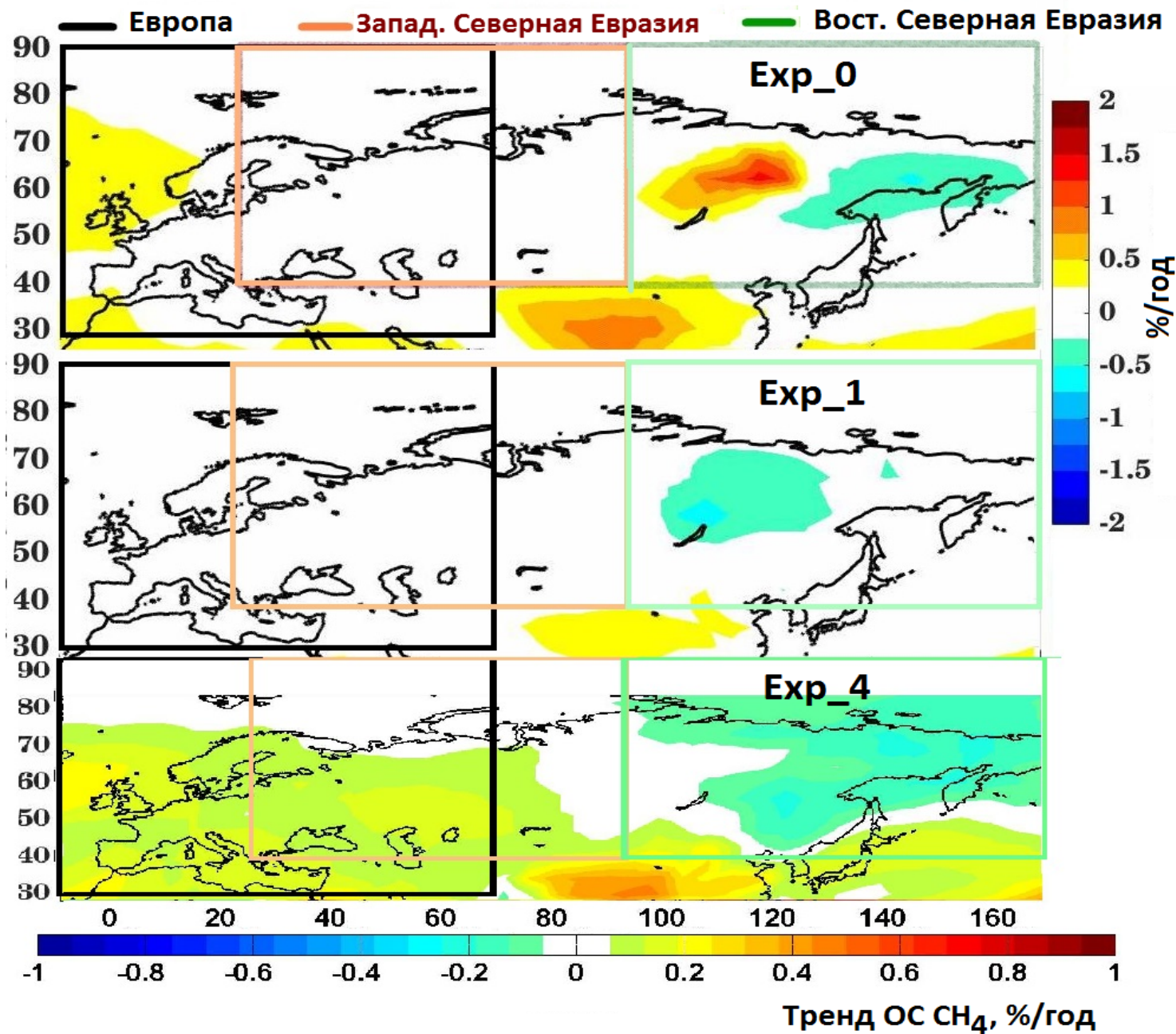
Тренды ОС NO₂, 2004 – 2019 гг.
(годовые): хорошее соответствие
расчетов и экспериментальных оценок



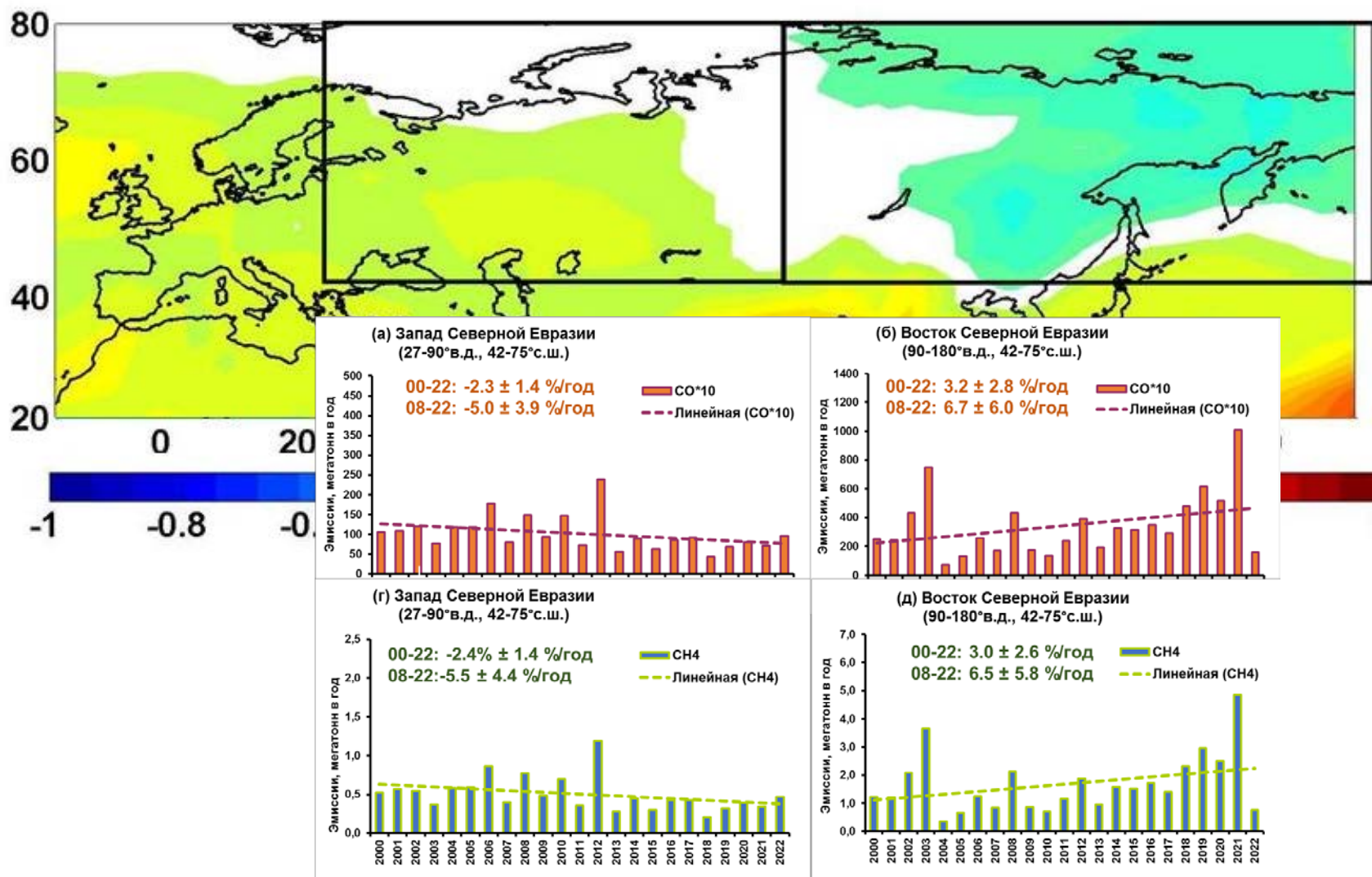


2003-2019, GEOS-Chem, exp_1 (фиксированные эмиссии только CO): отклик трендов ОС CO на глобальные изменения



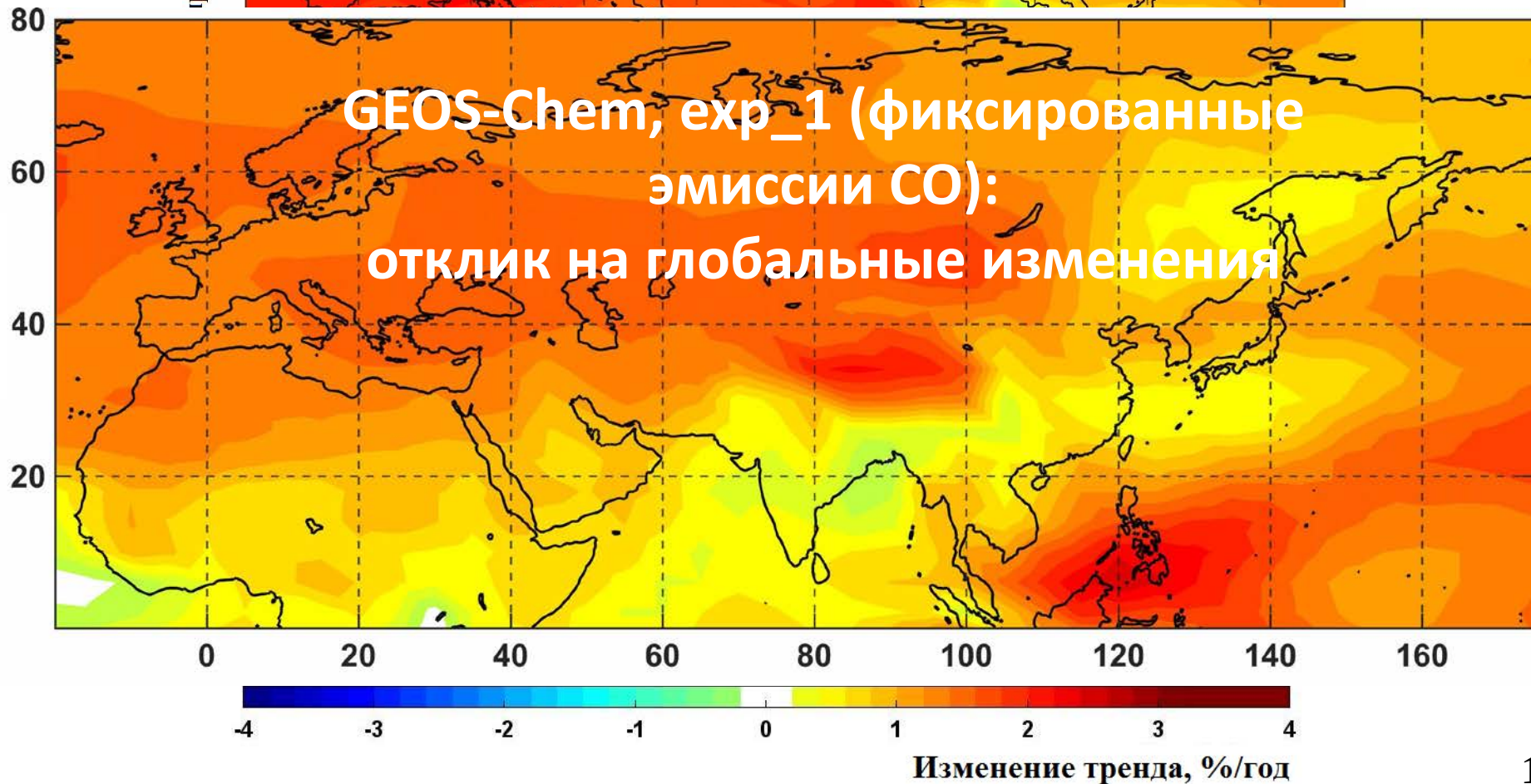
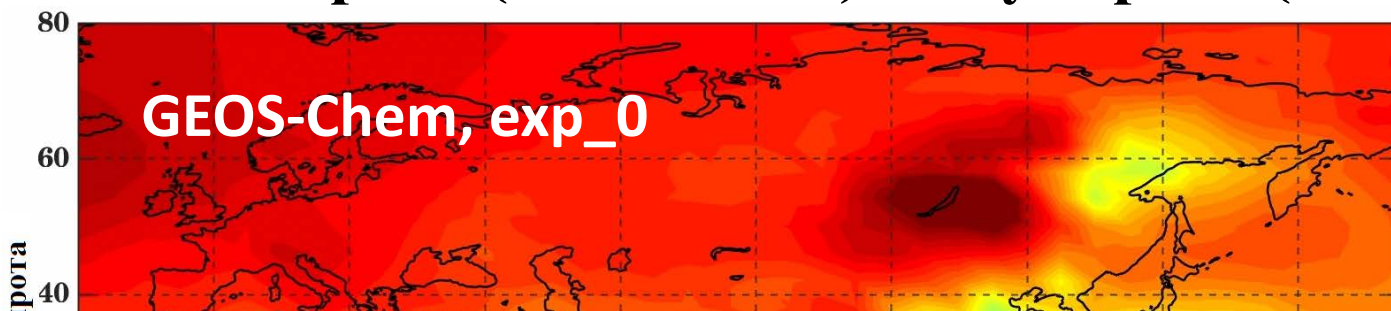


2008-2019, GEOS-Chem, exp_4 (фиксированные антропогенные и «пожарные» эмиссии CO, CH₄ и НМУВ)



Результаты

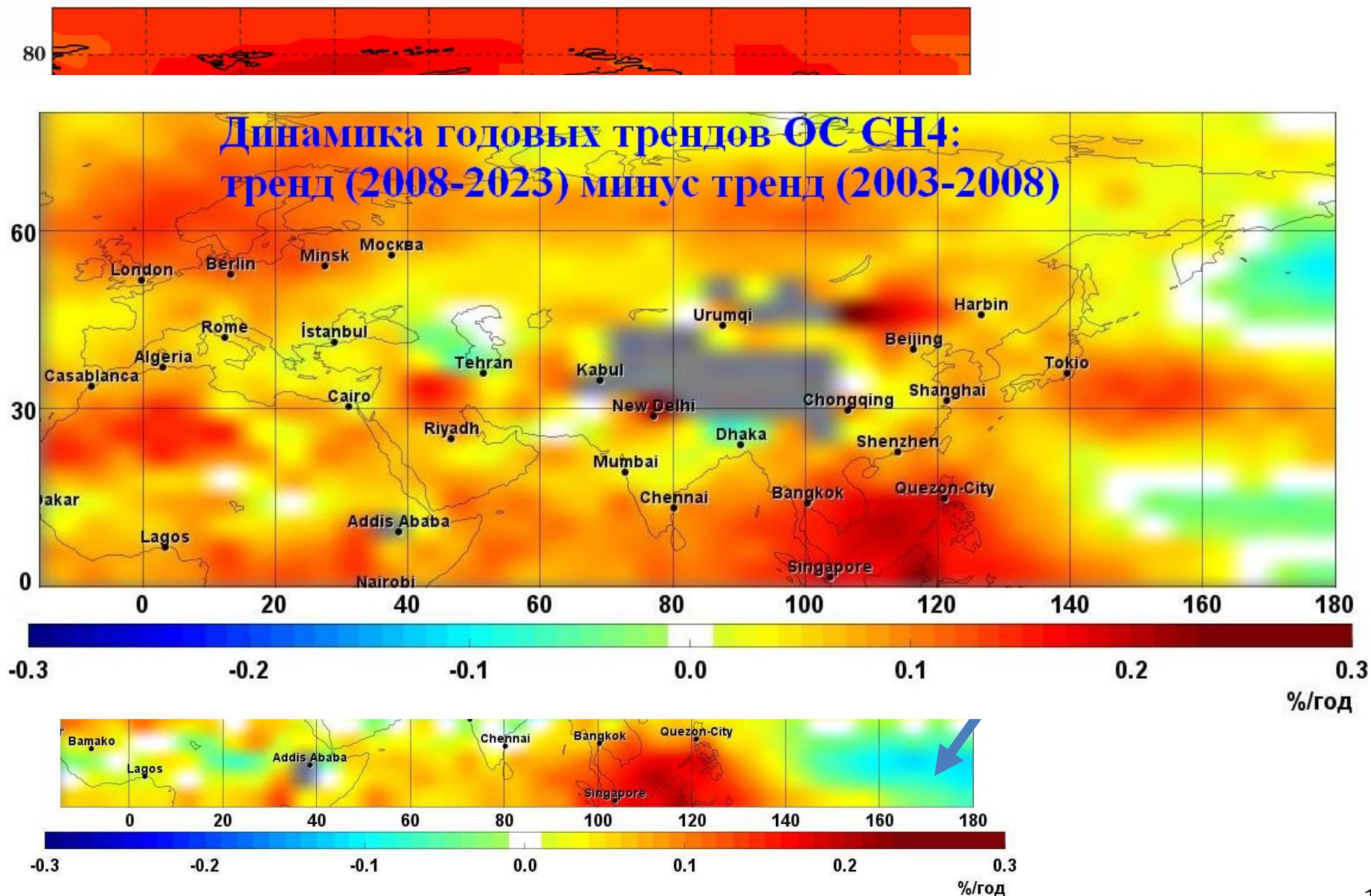
Динамика годовых трендов ОС СО:
тренд (2008 – 2019) минус тренд (2003 – 2008)



Результаты

Динамика годовых трендов ОС CH_4 тренд (2008 – 2019) минус тренд (2003 – 2008)

Динамика годовых трендов ОС CH_4 :
тренд (2008-2023) минус тренд (2003-2008)



Выводы:

1. Модель при эмиссионном сценарии exp_0 (эмиссии «как есть») воспроизводит годовые и сезонные тренды ОС CO , CH_4 и NO_2 , а также региональные особенности трендов.
2. Есть отдельные региональные различия (Ю-В Азия, Восточная Сибирь) между модельными и экспериментальными оценками трендов.
3. Эти отличия связаны, по-видимому с неточностями при задании эмиссий и их трендов баз данных CEDS/EDGAR и GFED в этих районах. В частности, использование GFED (эмиссии от пожаров) приводит к завышению оценок трендов для Сибири; CEDS/EDGAR занижает эмиссии NO_2 для Европы и занижает антропогенные (сельскохозяйственные) эмиссии CH_4 в южных регионах.
4. Во всех численных экспериментах была воспроизведена положительная динамика (изменение) трендов CO после 2008 г.
5. Максимальное ускорение роста ОС CH_4 после 2008 г. наблюдается в тропических и субтропических широтах Евразии (тренд $\sim$ до 0.6%/год).
6. Одной из причин положительной динамики трендов CO после 2007-2008 г. могут являться климатические изменения и связанные с ними изменения соотношения источники/стоки для оксида углерода. Например, возможно образование дополнительного CO при окислении метана и НМУВ, ускоренный рост концентраций которых (в первую очередь CH_4), начался в 2007-2008 гг.

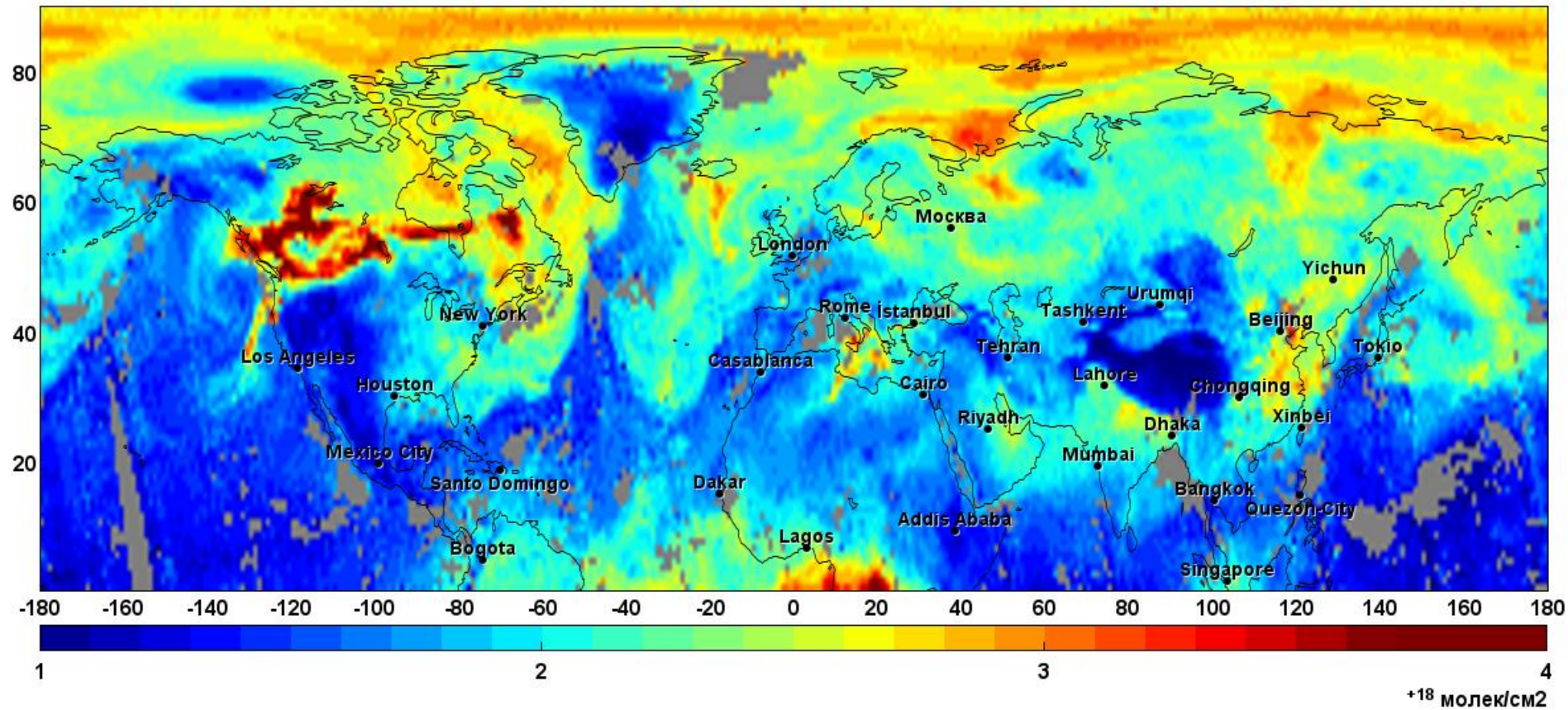
Спасибо за внимание!

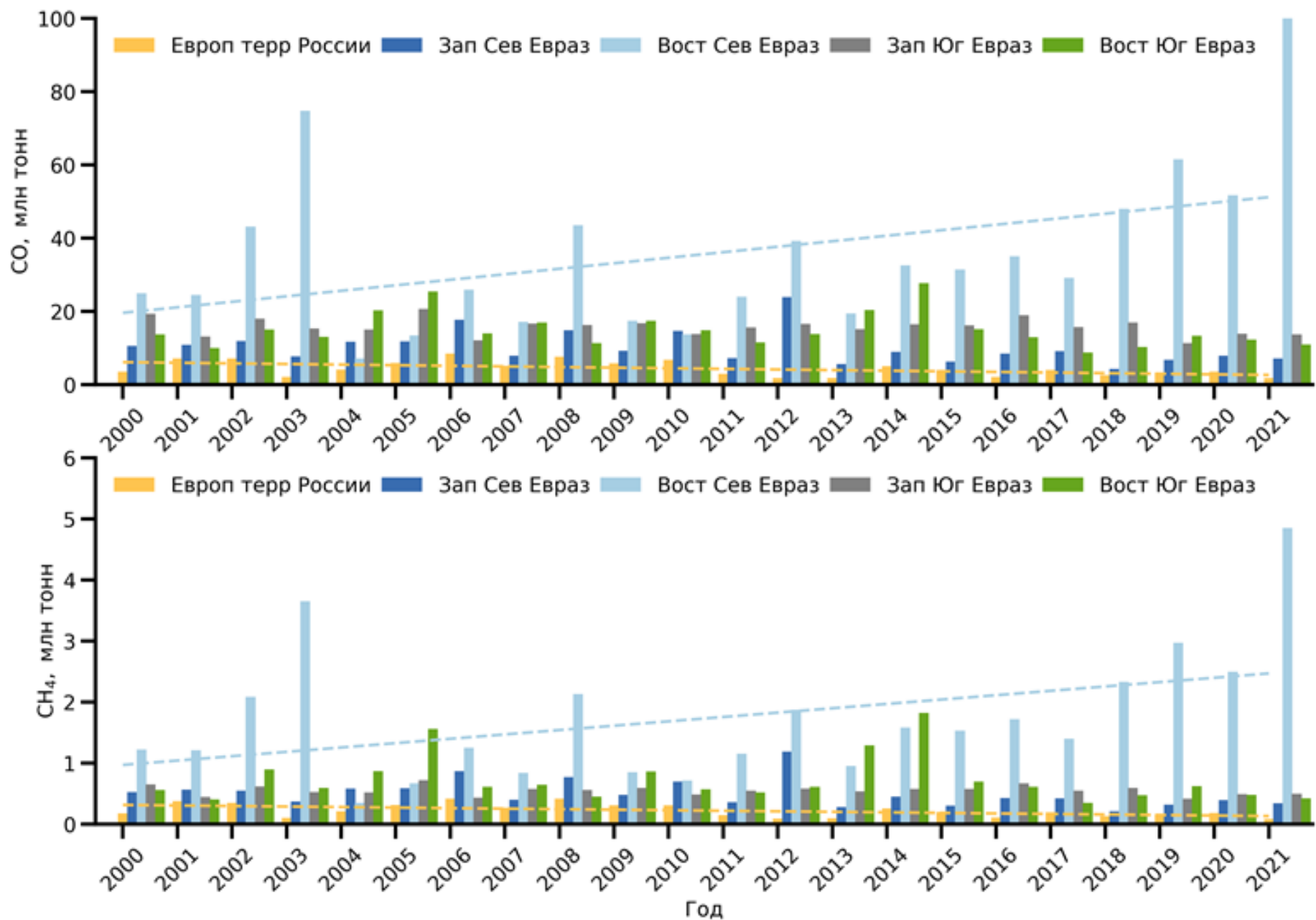
Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда,
проект №20-17-00200.

Эпизод 2.

Примеры трансконтинентального переноса СО из района лесных пожаров в Северной Америке

TROPOMI OC CO, 24.08.2023

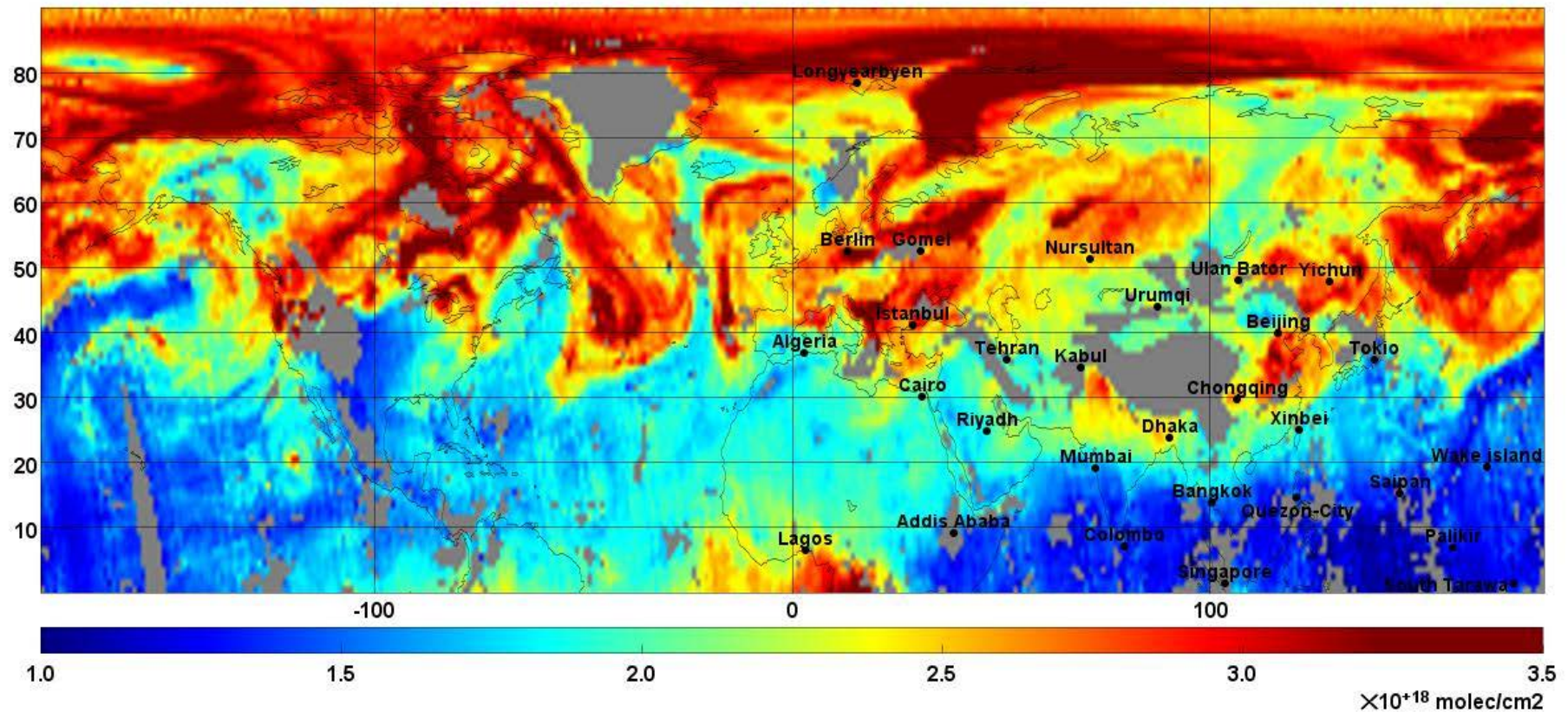




Введение: тренды, эмиссии, **воздействия**

Пример влияния пожаров и переноса CO через океан (TROPOMI)

TROPOMI TC CO carbonmonoxide_total_column 24.08.2021



Введение: тренды, эмиссии, **воздействия**

Разность ОС CH_4 (AIRS): 5 дней во время пожаров (20-24.08)
минус 5 дней до пожаров (10-14.07) - **до 10% от типичных
фоновых величин содержания**

AIRS ОС CH_4 (20-24.08) минус (10-14.07) 2021г.

