

Пространственно-временное распределение выбросов черного углерода в России и сопредельных регионах

Ильин И.С., Гусев А.В., Гинзбург В.А., Кострыкин С.В., Максимова О.В. (ИГКЭ)



Постановка задачи

Мотивация: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2022 г. № 3240-р. «Утвердить ... важнейший инновационный проект государственного значения "Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»

В задачи Консорциума 6 (головная организация ФГБУ «ИГКЭ») входит

система расчетного мониторинга и оценки выбросов отдельных климатически активных веществ, в частности мелкодисперсных твердых частиц, содержащих углерод («**черный углерод**»), на территории Российской Федерации, с учетом результатов, полученных в рамках ФНТП

Система расчетного мониторинга и оценки выбросов отдельных климатически активных веществ

Основные направления работ на 2023-2024 гг:

- Адаптация информационно-аналитической системы (ИАС) «Национальный кадастр» к проведению инвентаризации выбросов мелкодисперсных климатически активных аэрозолей, на примере черного углерода
- Подготовка данных о пространственном распределении выбросов черного углерода на территории России и сопредельных стран
- Расчетные (модельные) оценки трансграничного переноса черного углерода из сопредельных стран на территорию России и в арктическую зону
- Расчетные (модельные) оценки воздействия выбросов черного углерода на климат на территории России, в том числе на изменение радиационного баланса и таяние ледников в горных и арктических районах
- Сопоставление расчетных (модельных) оценок полей концентрации черного углерода с данными об измеренных концентрациях черного углерода

Подготовка данных о пространственном распределении выбросов черного углерода

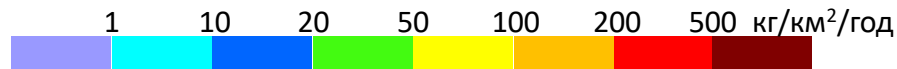
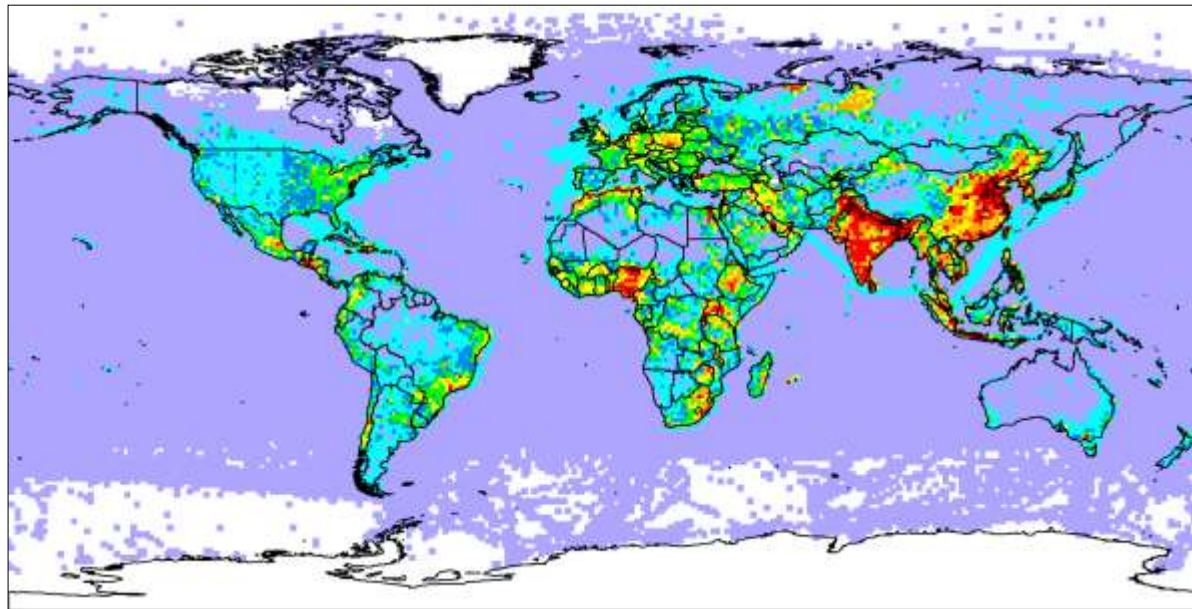
Рассматривались два набора: **EDGAR** и **CEDS**, которые представляют **ежегодные сравнимые данные** с распределением по **пространственной сетке** и могут быть использованы для моделирования

CEDS: Community Emissions Data System

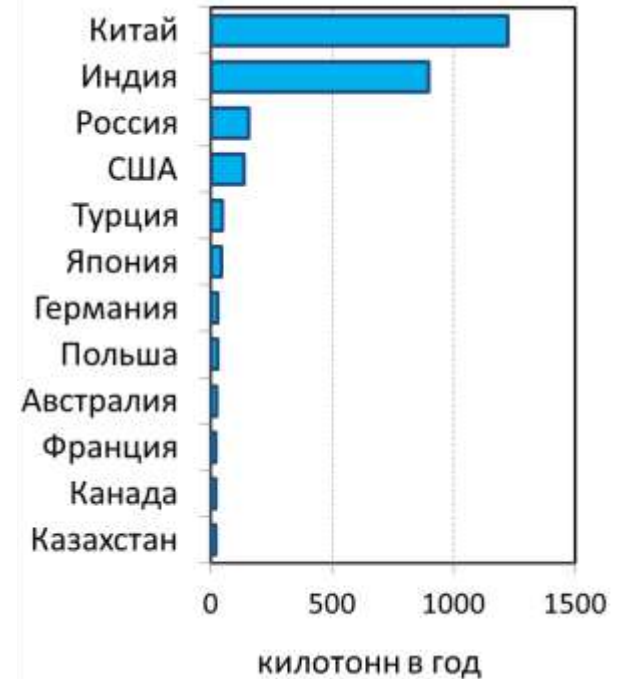
- Период – с 1750 года по настоящее время
- Вещества: **Чёрный углерод**, OC, SO₂, NO_x, NH₃, CH₄, CO, NMVOC, CO₂, и N₂O
- Временное разрешение: 1 месяц
- Пространственное разрешение: **0.5° x 0.5°** (с 1980 по 2019 - 0.1° x 0.1°)
- Сеточная (распределённая по пространству) информация по секторам.

Hoesly et al, 2018, Historical (1750–2014) anthropogenic emissions of reactive gases and aerosols from the Community Emissions Data System (CEDS). Geoscience Model Development.

Пространственное распределение выбросов (CEDS, 2018 год)



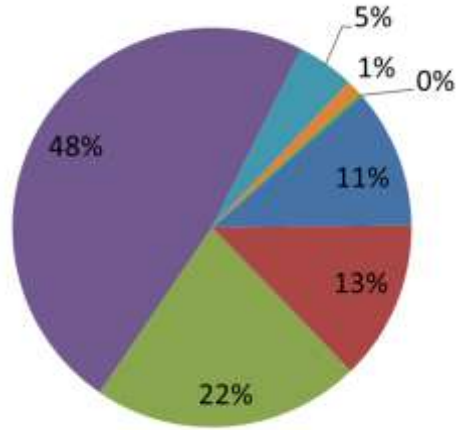
Основные страны-источники



- Суммарные выбросы: ~5900 кт

Сектора эмиссий чёрного углерода (CEDS, 2018 г.)

Глобальные выбросы



Энергетика

Промышленность

Транспорт

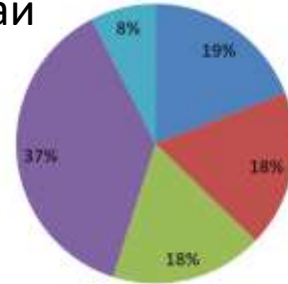
Домашнее и комм. сжигание (отопление)

Отходы

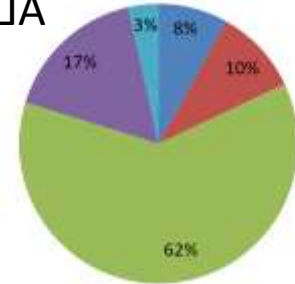
Межд. морские перевозки

Авиация

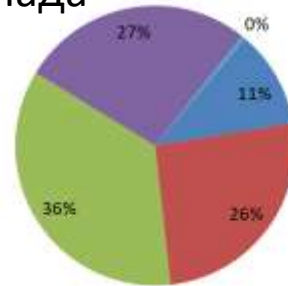
Китай



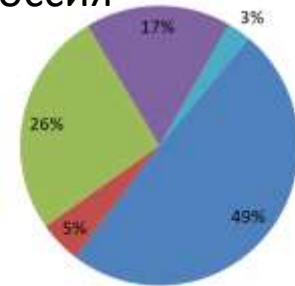
США



Канада



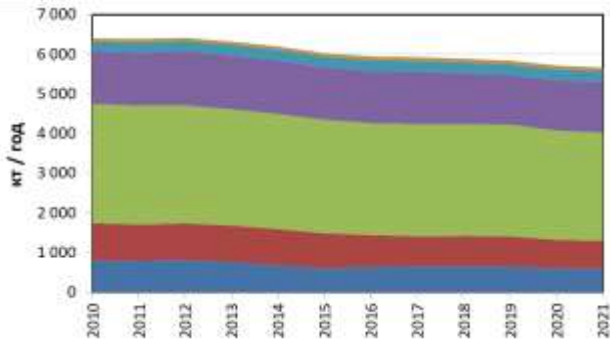
Россия



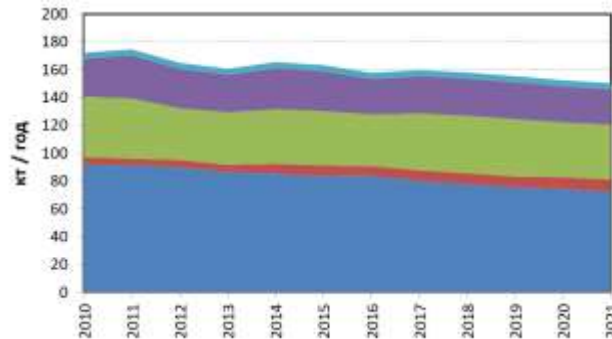
- Основной источник – домашнее и коммерческое сжигание

Изменения величин выбросов за 2010 – 2021 годы

Глобальные выбросы

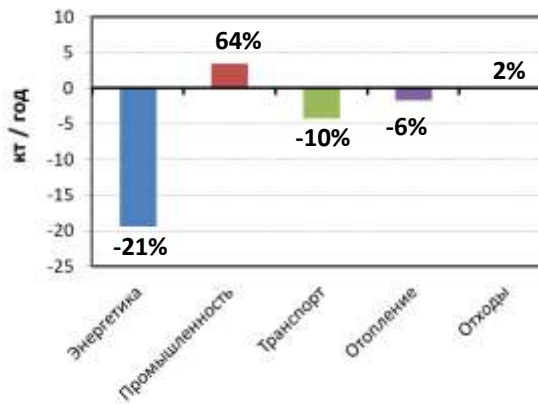
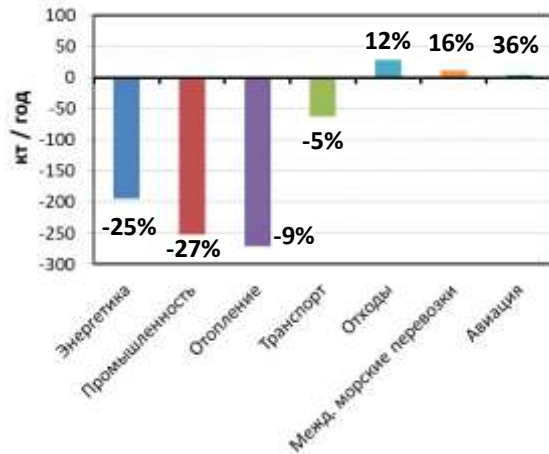


Выбросы в России



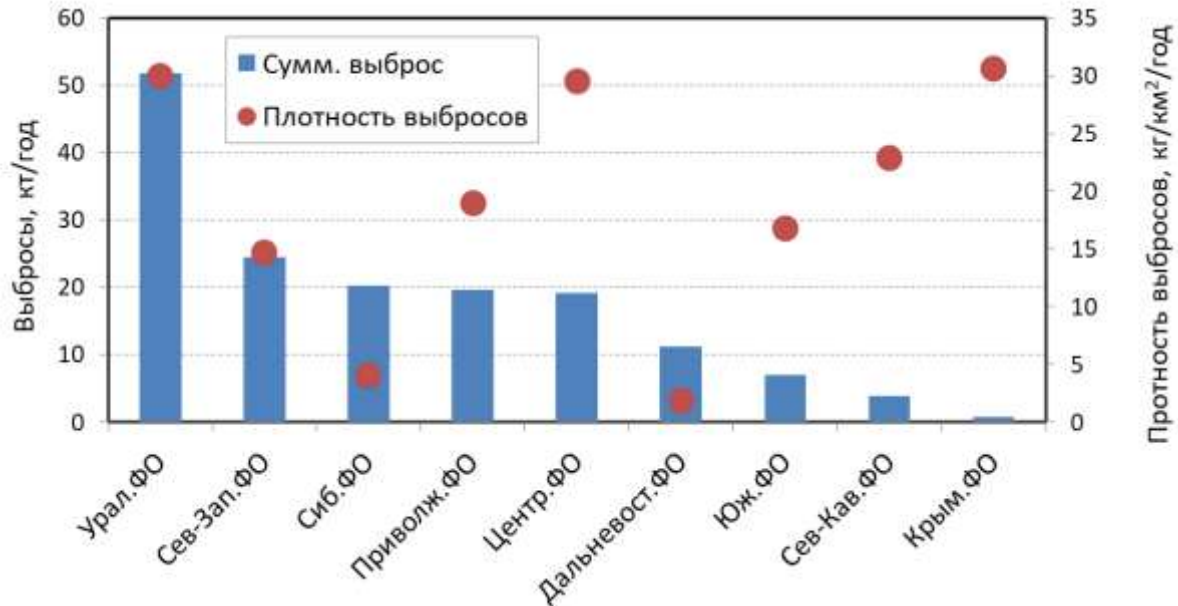
- Энергетика
- Промышленность
- Транспорт
- Домашнее и комм. сжигание (отопление)
- Отходы
- Межд. морские перевозки
- Авиация

Изменения выбросов в 2021 г. в сравнении с 2010 г.



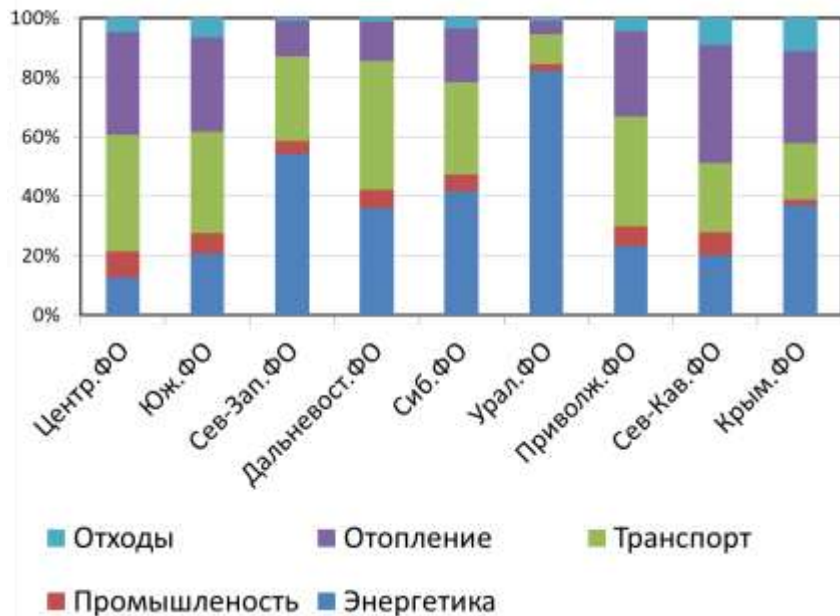
Данные по выбросам чёрного углерода по России

Выбросы чёрного углерода в Федеральных Округах России



Выбросы от отдельных секторов в России

Вклады секторов выбросов в суммарные выбросы в Фед. Округах России



Внутригодовые изменения выбросов в России



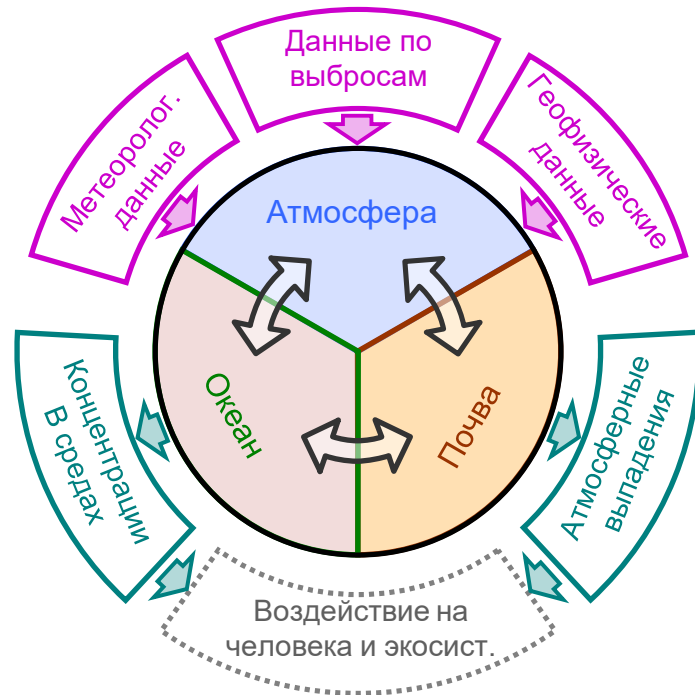
Моделирование трансграничного переноса черного углерода

GLEMOS - Global EMEP Multi-media Modelling System

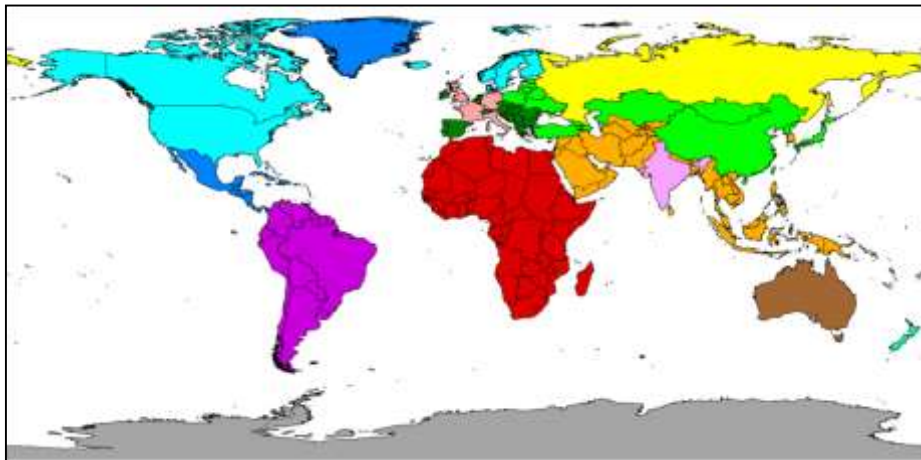
Основные особенности:

- Вещества:
 - Тяжелые металлы* (Pb, Cd, Hg и др.)
 - Стойкие органические загрязнители* (ПАУ, Д/Ф, ПХБ, ГХБ)
 - Черный углерод (в разработке)*
- Основные процессы: *атм. перенос (эйлерова типа), сухое, влажное (под- и внутриоблачное) выведение, химические трансформации Hg и CO₂*
- Переменный масштаб моделирования (от глобального до локального)
- Многосредность (атмосфера, океан, почва, растительность)

Схема модели GLEMOS



Выбор регионов – источников для оценок трансграничного переноса



Россия (в разбивке на Фед. округа)

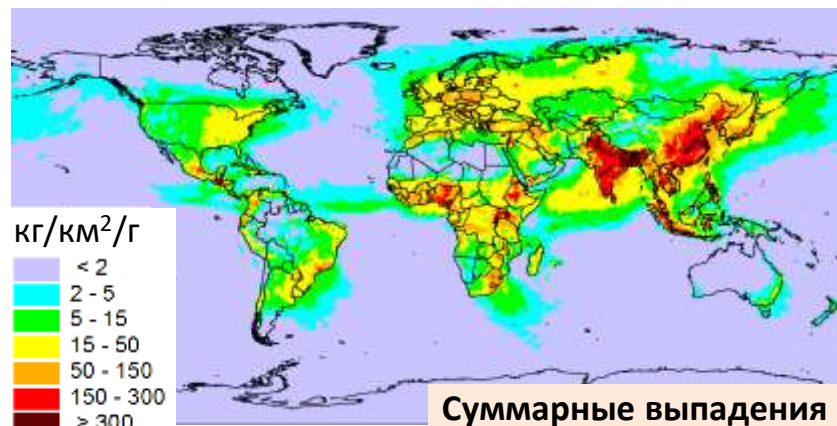
Страны Арктического совета:
США, Канада, Финляндия, Норвегия, Швеция, Исландия, Дания

Граничащие и близлежащие страны:
Эстония, Латвия, Литва, Беларусь, Украина, Польша, Турция, Грузия, Армения, Азербайджан, Казахстан, Монголия, Китай, Сев. Корея, Япония

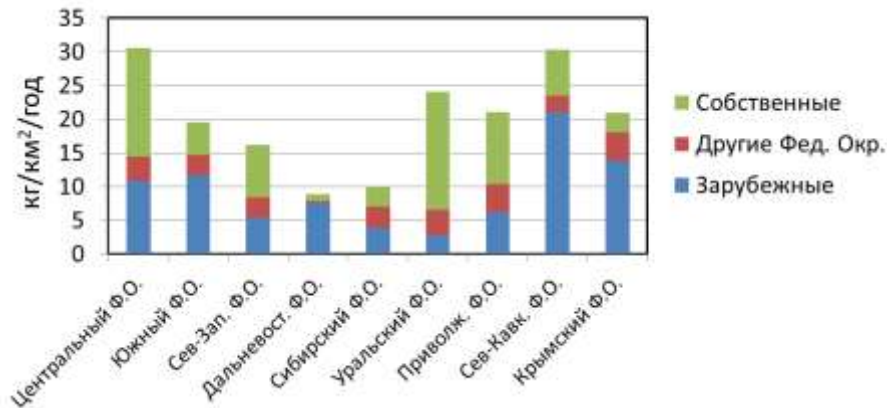
Крупные страны Европы (Германия, Франция, Италия, Великобритания)

Индия Остальная Европа Юж. Америка Остальная Азия
Остальная Сев. Америка Африка Австралия Океания

Предварительные результаты моделирования (2018 г.)



Вклады источников в суммарный поток выпадений (по Федеральным округам)



Северо-Западный округ



Дальневосточный округ



Расчетные оценки воздействия выбросов черного углерода на климат на территории России: модель IBM РАН

Для модельных экспериментов планируется использовать **глобальную совместную климатическую модель** IBM РАН 5й версии (**INMCM48**). Модель участвовала в международном проекте по сравнению климатических моделей **CMIP6** и продемонстрировала способность воспроизводить основные характеристики современного климата

- Блоки модели: термогидродинамика атмосферы, океана, морского льда, почвы, аэрозольный блок
- Атмосфера: $2^\circ \times 1.5^\circ$ по долготе и широте, 21 уровень по вертикали до ~ 30 км
- Океан: $1^\circ \times 0.5^\circ$ по долготе и широте, 40 уровней по вертикали
- Аэрозольный блок: модальная схема распределения частиц по размерам
- Процессы эволюции аэрозоля: химическая трансформация, перенос, диффузия, гравитационное оседание, сухое и влажное выведение
- Типы аэрозолей: континентальная пыль, морская соль, **черный** и органический **углерод** (гидрофильный и гидрофобный), сульфатный аэрозоль
- Учитывается влияние аэрозолей на радиационный баланс в атмосфере

Следующие шаги:

- Сбор литературных данных по параметризации процессов, контролирующей поведение чёрного углерода в атмосфере
- Адаптация модели GLEMOS для моделирования черного углерода
- Включение эмиссий черного углерода от лесных пожаров
- Сбор данных мониторинга для анализа результатов моделирования
- Проведение расчётов атмосферного переноса и выпадений черного углерода и анализ результатов
- Оценки воздействия выбросов черного углерода на климат на территории России с помощью модели ИВМ РАН **INMCM48**

