

Расчёт баланса парниковых газов для субъектов РФ



Пашинов Е. В., Втюрин С.А., Ермаков Д.М.

Молодёжная лаборатория ИКИ РАН

Измерение потоков парниковых газов

Наземные измерения

Эколого-климатические станции:

- измерение потоков парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O , H_2O);
- метеорологические наблюдения.



Сеть пробных площадей:

- видовой состав растительности;
- продуктивность;
- параметры горизонтальной и вертикальной структуры;
- характеристики почв;
- характеристики напочвенного покрова.

Моделирование



Дистанционное зондирование

Дистанционный мониторинг наземных экосистем с космических спутников и БПЛА:

- динамическое картографирование типов наземных экосистем;
- мониторинг динамики характеристик растительного покрова;
- оценка воздействия негативных факторов;
- динамическое картографирование запасов углерода в наземных экосистемах.

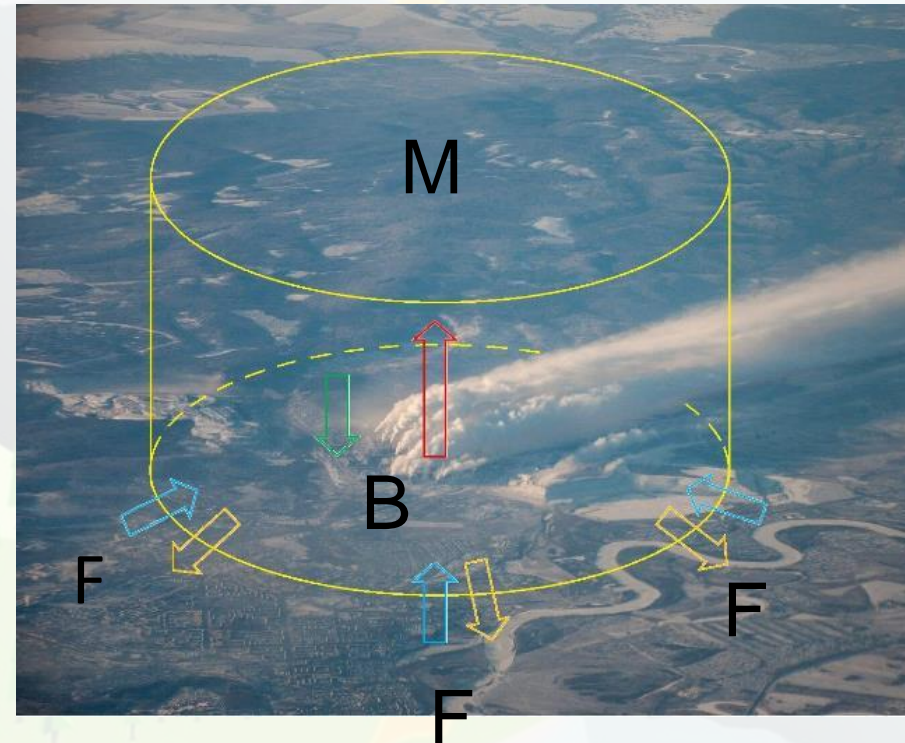


Предлагаемая методика балансовых расчётов на основе спутниковых измерений концентраций парниковых газов

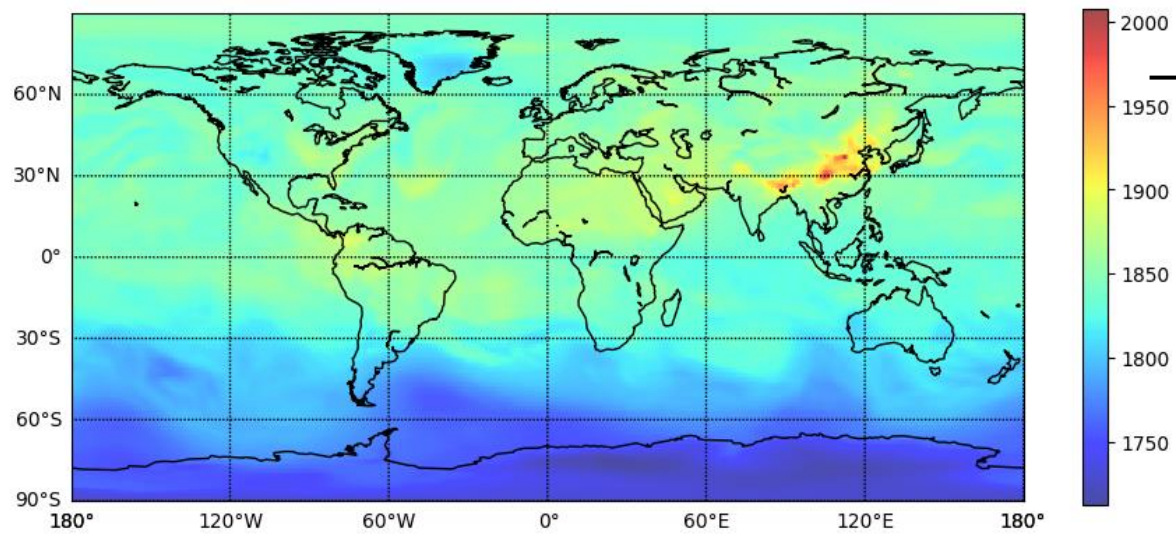
$$\int_{t_{min}}^{t_{max}} B(t)dt = - \iint_A M(x,y)dxdy \Big|_{t_{min}}^{t_{max}} - \int_{t_{min}}^{t_{max}} dt \oint_p F(x,y)dn,$$

$$F(x,y) = \int_0^{+\infty} \rho(x,y,z)v(x,y,z)dz = M(x,y)v^*(x,y)$$

где t_{min} и t_{max} – начало и конец интервала наблюдений; $B(t)$ – «мгновенный» баланс ПГ для заданной территории A ; $M(x,y)$ – массовое содержание ПГ в вертикальном атмосферном столбе в $кг \cdot м^{-2}$; F – интегральный по высоте атмосферы горизонтальный поток ПГ в $кг \cdot м^{-1} \cdot с^{-1}$. v^* - эффективная (взвешенная по высоте атмосферы) скорость горизонтального переноса ПГ в $м \cdot с^{-1}$.

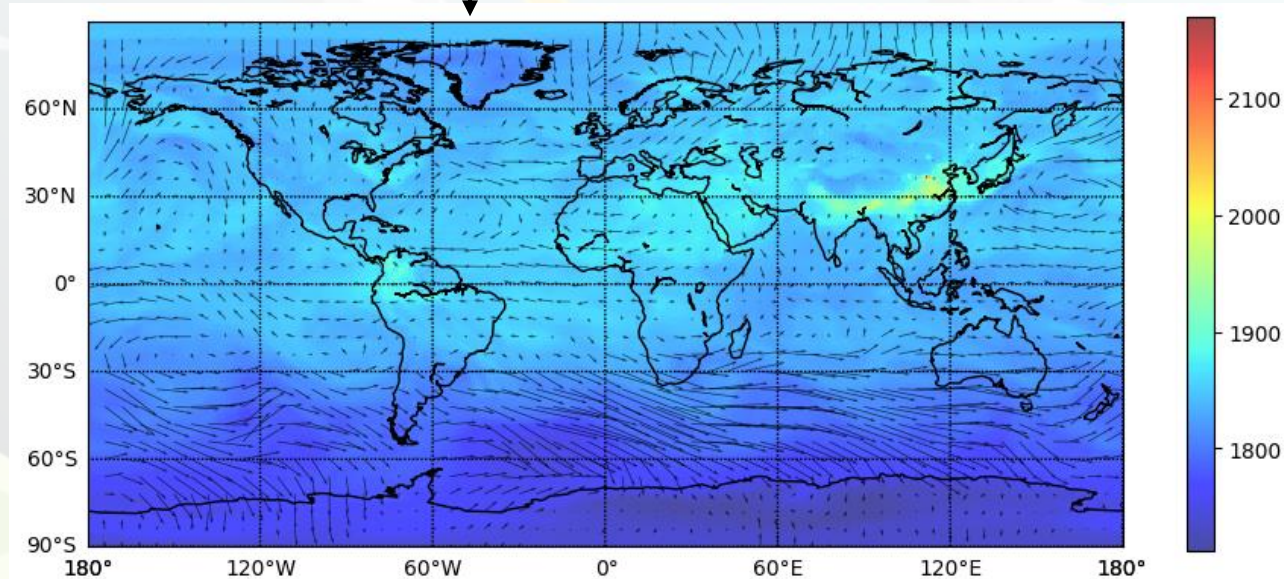


Использование методов технического зрения



Глобальные поля концентраций парниковых газов на регулярной сетке, регулярно (посуточно) обновляемые

Алгоритм оценки оптического потока



Используемый алгоритм оценки оптического потока – **DIS** (Dense Inverse Search).

Между двумя соседними по времени спутниковыми изображениями строится поле векторов смещения всех элементов (пикселей), которое наилучшим образом объясняет наблюдаемые изменения.

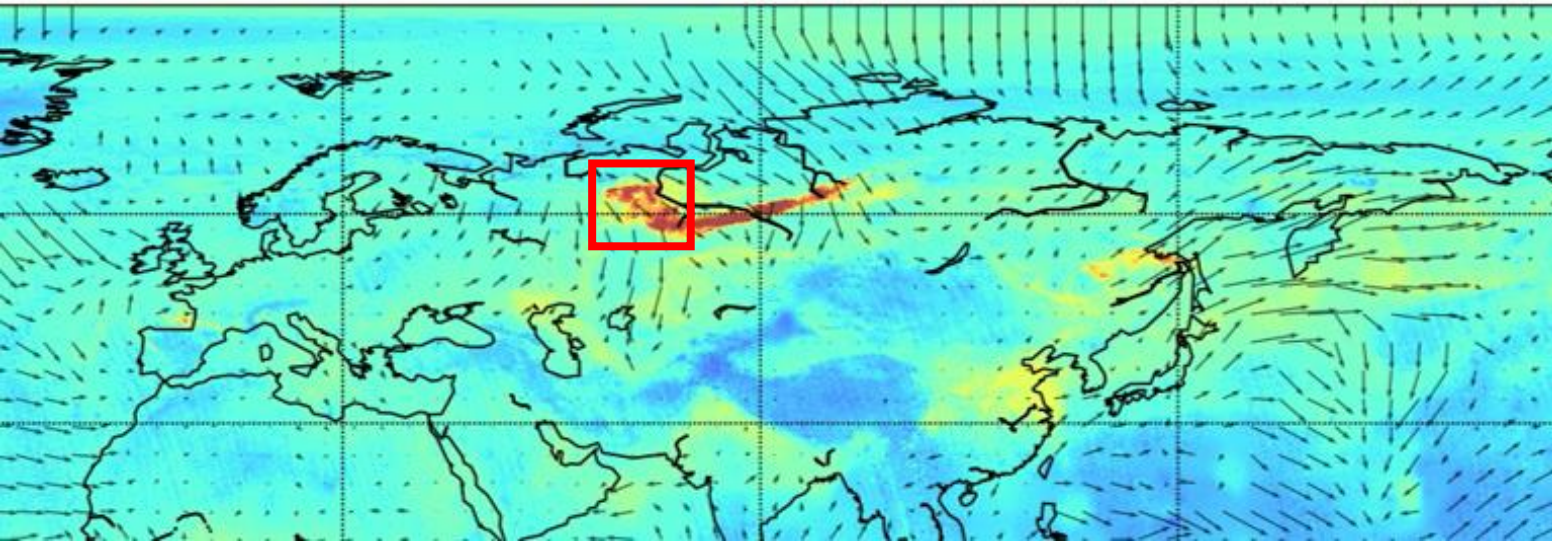
- Максимальный пространственный охват и площадь покрытия;
- Непрерывность и высокая периодичность наблюдений;
- Высокое пространственное разрешение;
- Однородность рядов данных по ключевым характеристикам;

Подходящие спутниковые инструменты:

Газ/Прибор	ACE-FTS	OCO-2	TANSO-FTS	MOPITT	TROPOMI	MLS	OMPS
CO ₂	0.0285%	0.47%	0.105%	-	-	-	-
CH ₄	0.0285%	-	+ *	+ *	0.6% (qa > 50) 7.14% (qa > 0)	-	-
SO ₂	-	-	-	-	67.54% (qa > 50) 82.5% (qa > 0)	0.334%	17.07%
N ₂ O	0.0285%	-	-	-	-	0.334%	-
CO					35.35% (qa > 50) 49.4% (qa > 0)		

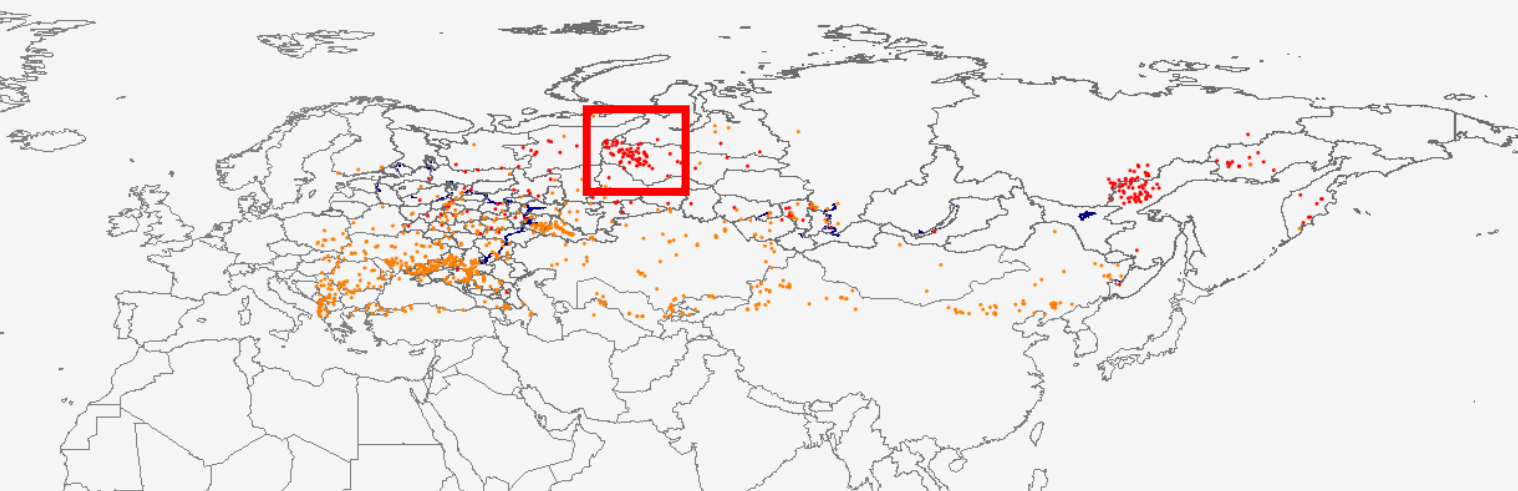
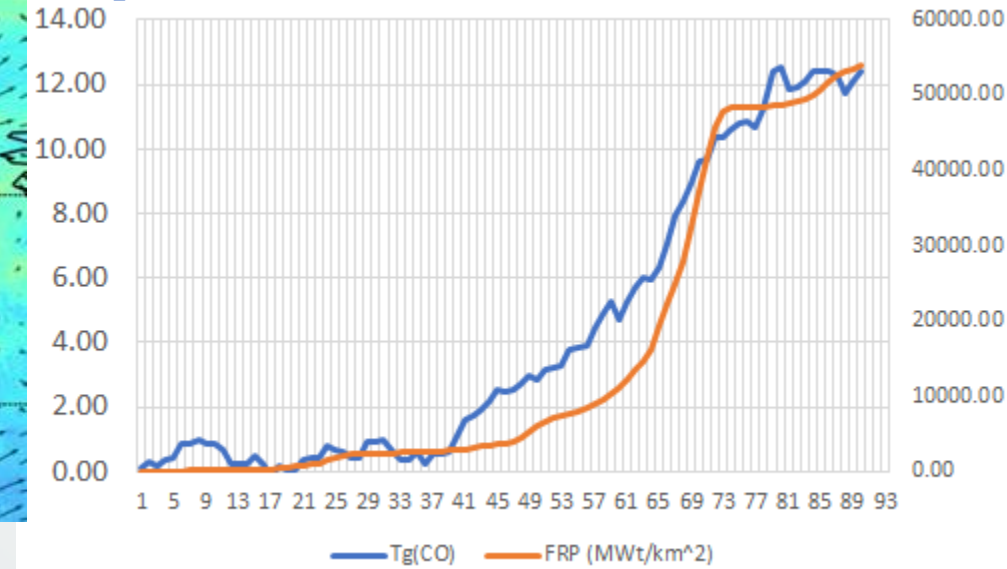
Восстановление баланса CO (выброса) в области сильных лесных пожаров

2022-08-10 00:00:00+00:00 (orig index=70)



Выброс CO, Tг

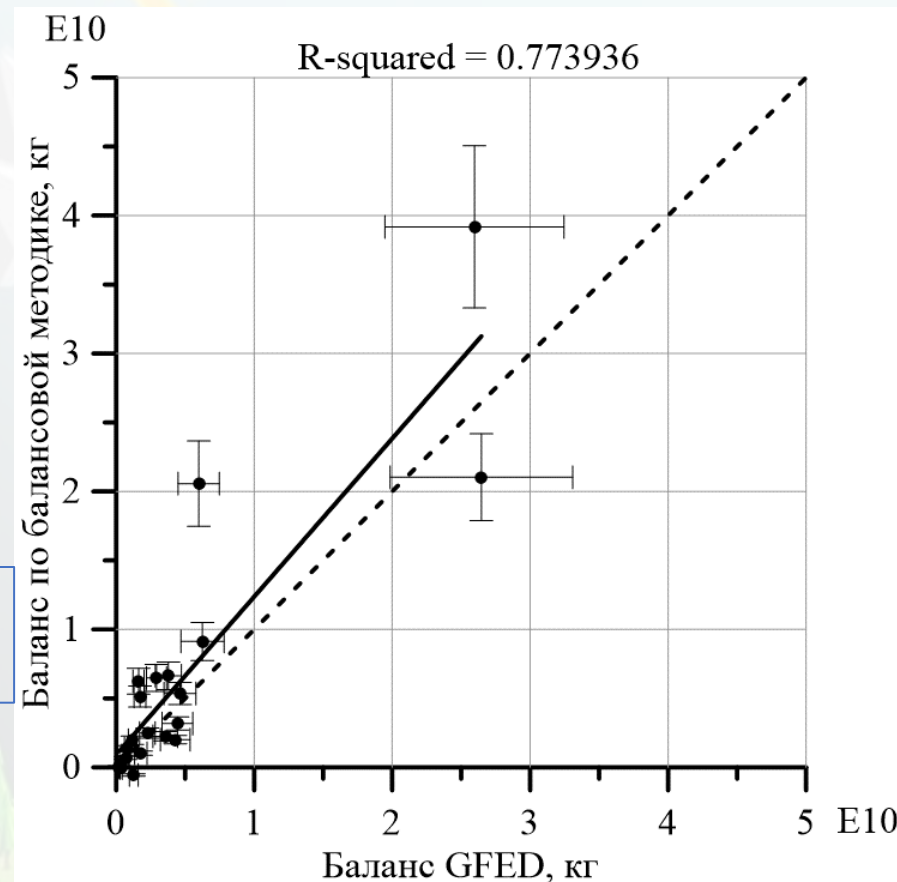
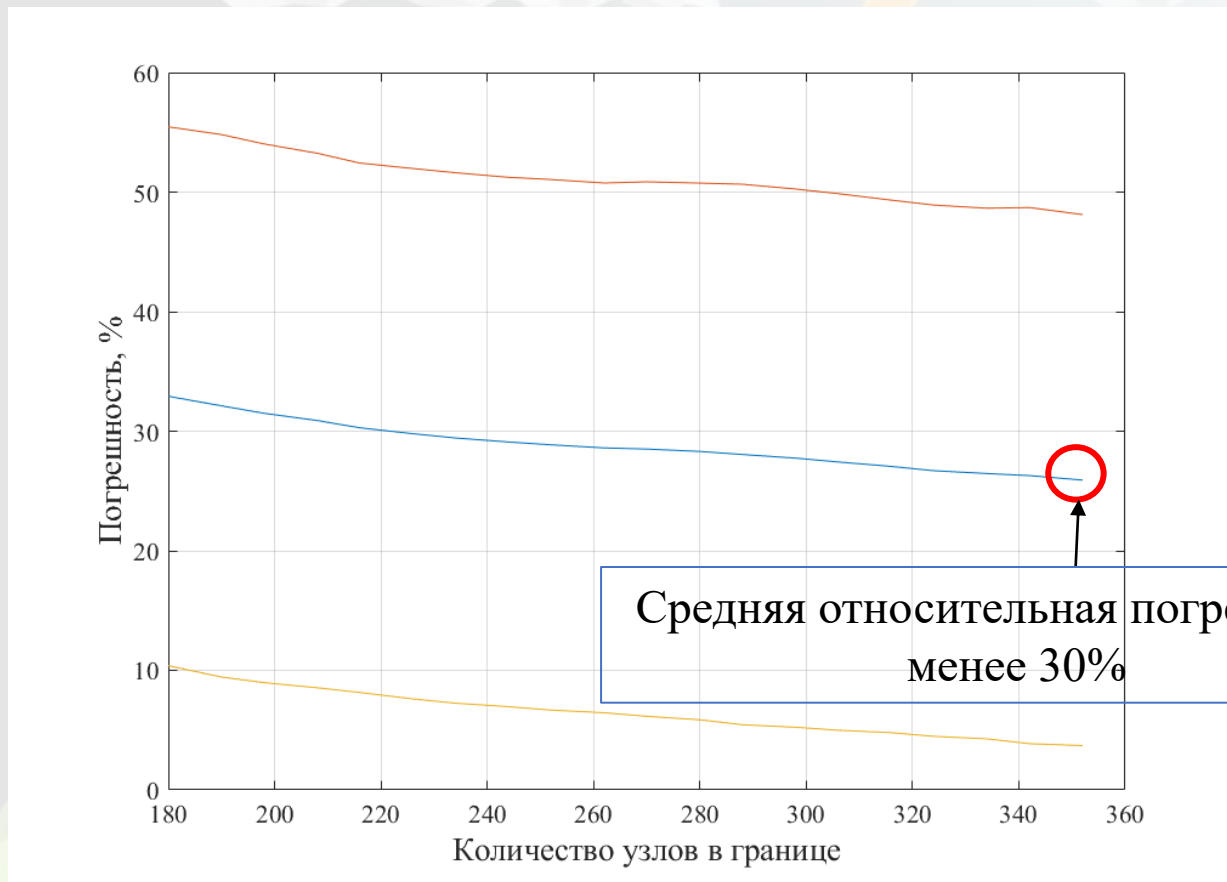
FRP, МВт/км²



За интервал с 01.06.22 по 31.08.22:
накопленный выброс CO (оценка баланса)
накопленная интенсивность горения FRP

Выброс CO с 20.07.22 по 27.08.22:
по GFED совокупно – $2,42 \times 10^9$ кг;
по балансовой оценке – $2,42 \times 10^9$ кг.

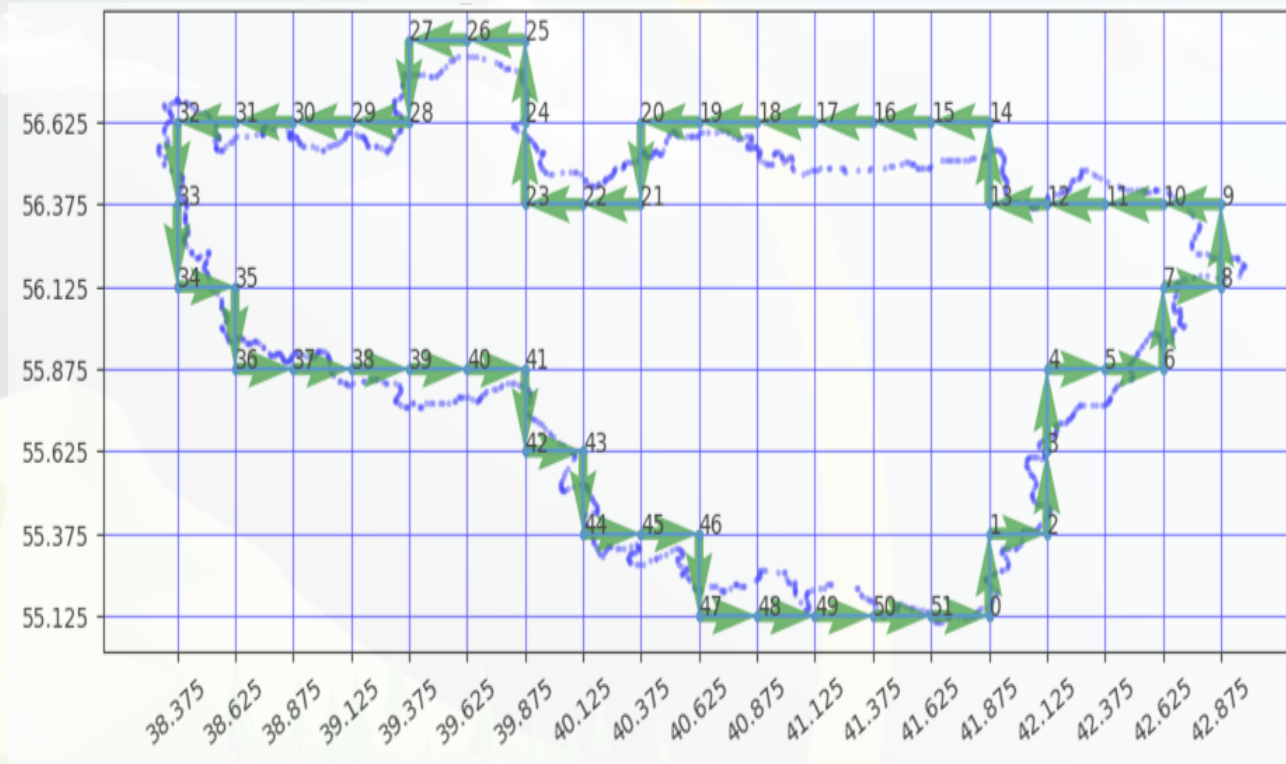
Скопление очагов лесных пожаров летом 2022 года на территории западной части Ханты-Мансийского автономного округа



Анализ 21 лесного пожара в период с 2018 по 2023 годы, происходивших в Сибири и Канаде

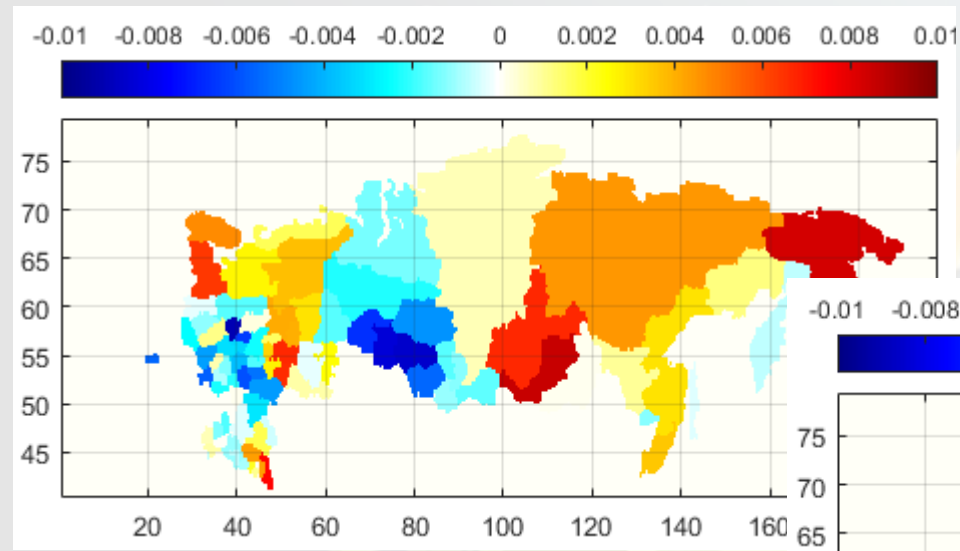
99 регионов:

- Алтайский край
- Краснодарский край
- Красноярский край-0
- Красноярский край-1
- Приморский край
- Ставропольский край
- Хабаровский край
- ...
- Камчатский край
- Кемеровская область -
- Кузбасс
- Кировская область
- Костромская область
- Республика Крым
- ...
- Самарская область
- Курганская область
- Курская область
- Чувашская Республика -
- Чувашия

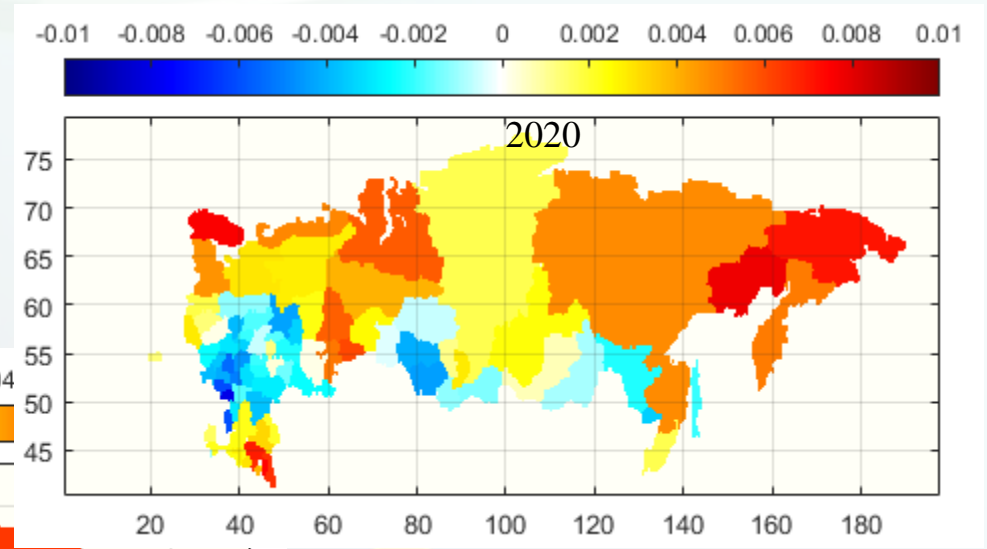
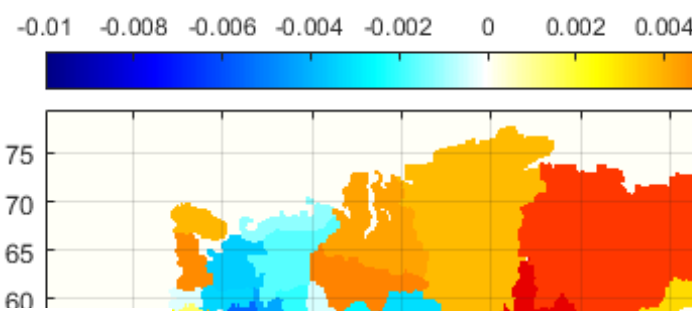


Баланс CO в кг/м³ для 99 регионов РФ за летние месяцы

2018

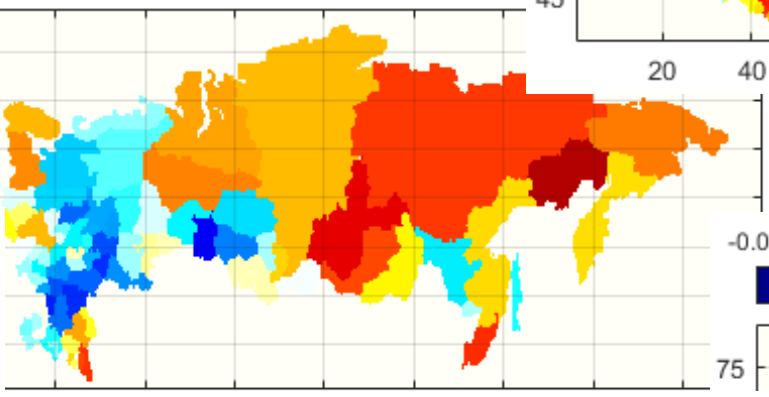
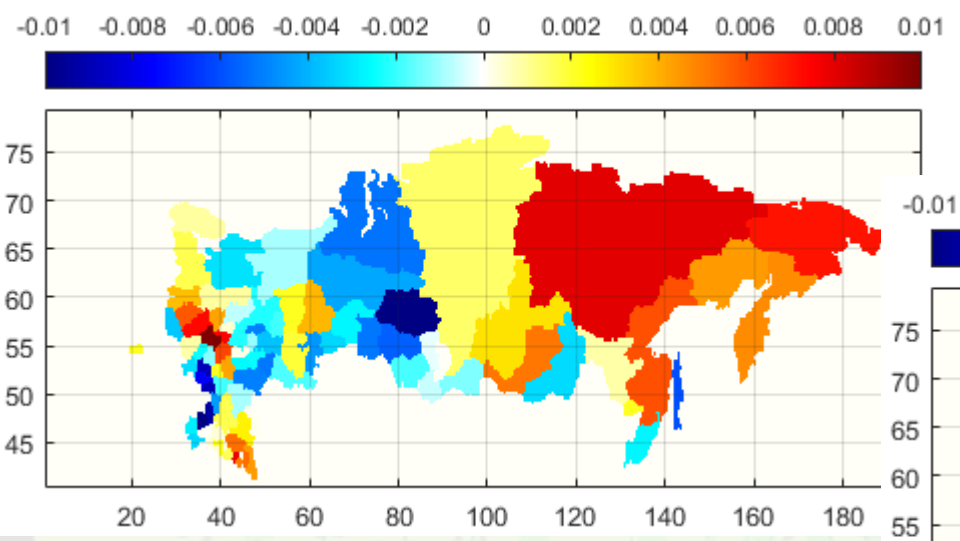


2019

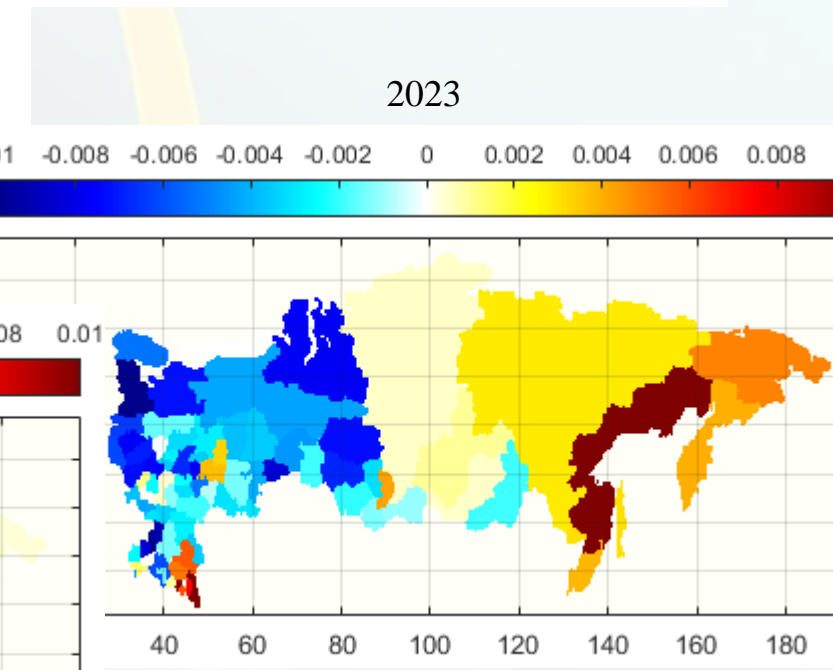


2020

2021

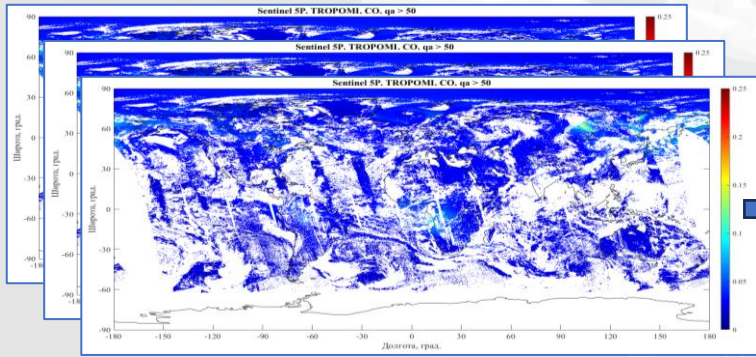


2022

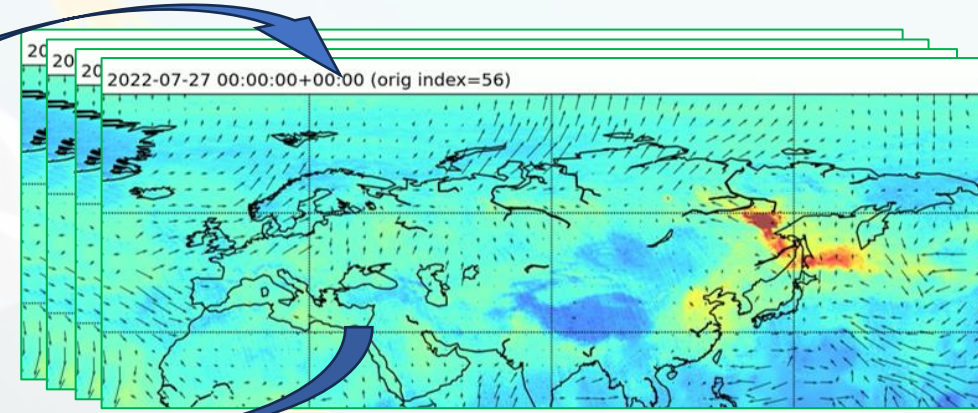
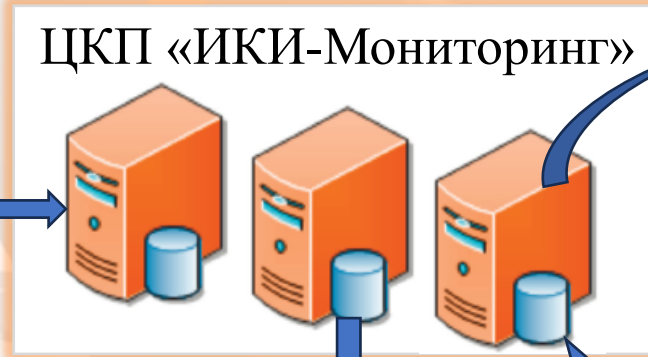


2023

Создание архивов спутниковых данных и информационных продуктов о распределениях и потоках климатически активных газов как следующий этап работы



Данные спутникового мониторинга ПГ



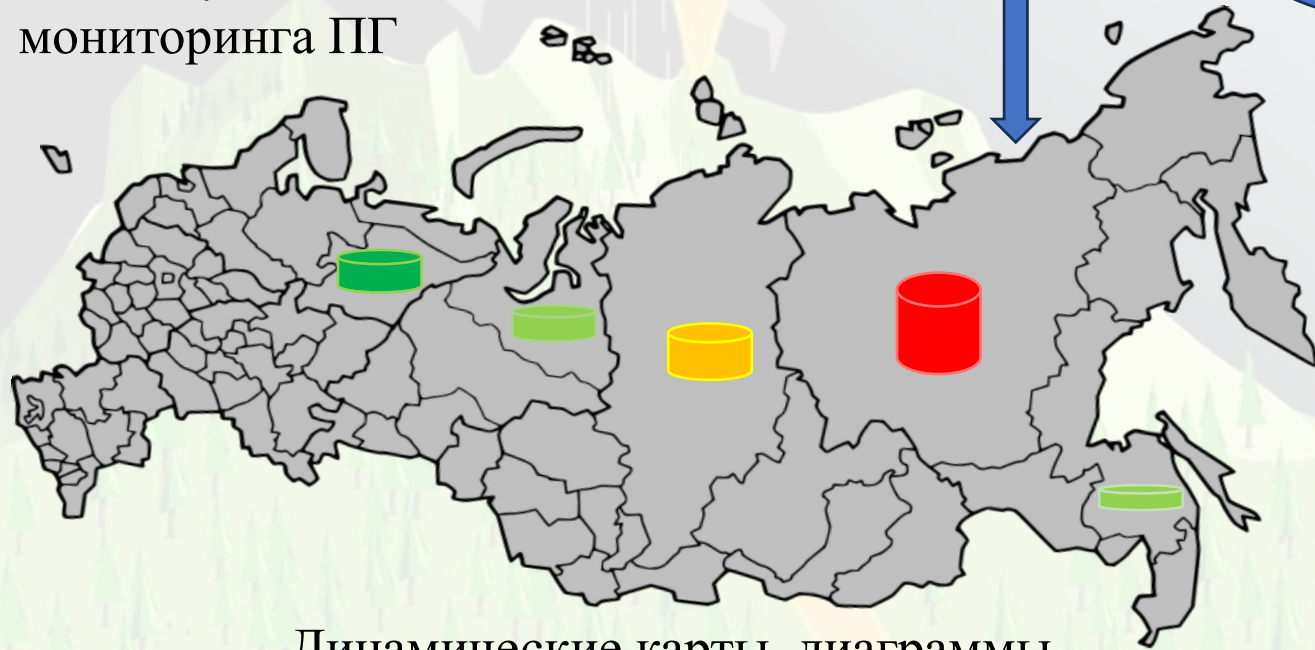
Первичные продукты: концентрации и горизонтальные потоки МГС, в т.ч., ПГ

Высокоуровневые продукты:

- ежемесячные балансы по регионам
- ежемесячные балансы по ячейкам
- балансы по настраиваемому запросу

Производные продукты:

- суммы по регионам и ячейкам
- накопление по времени (сезон, год...)
- разности текущих и среднемноголетних
- дисперсии, тренды и т.д.



Динамические карты, диаграммы