

Развитие методики восстановления баланса парниковых газов в атмосфере Земли по данным ДЗЗ

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

Молодежная лаборатория «Дистанционного мониторинга распределения концентраций и потоков малых газовых составляющих в атмосфере Земли» (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.

Дистанционное зондирование

Моделирование



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.

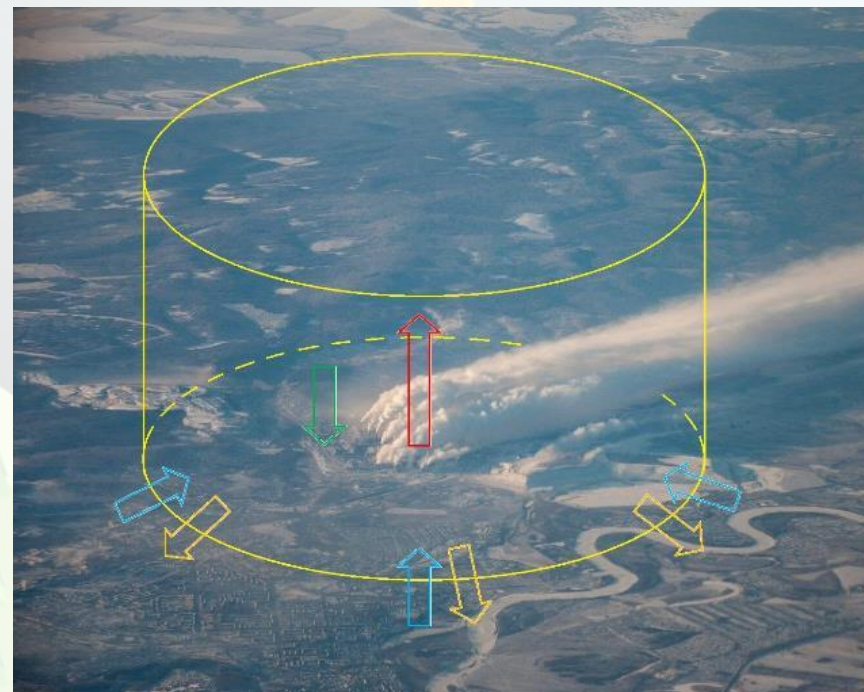


(Под «балансом парниковых газов» в работе понимается разность между суммарным выбросом газа в пределах данной территории и его суммарным стоком на той же территории)

Предлагается подход к расчету баланса ПГ, основанный на вычислительной схеме, замкнутой относительно данных спутниковых измерений концентраций ПГ

Приближения:

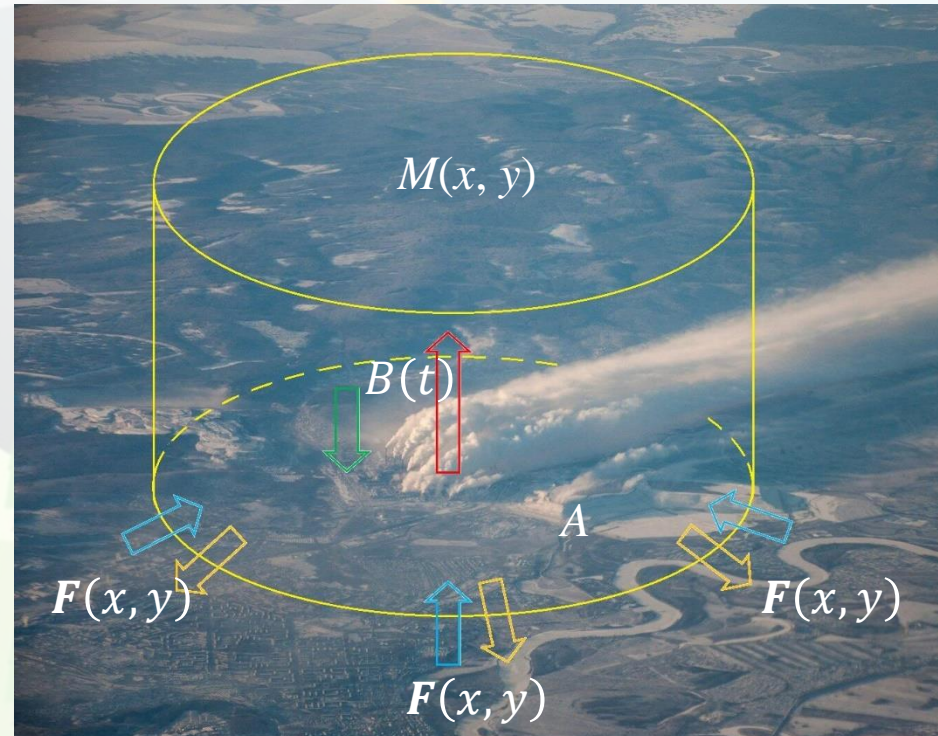
- Влияние химических реакций с участием рассматриваемого ПГ на его концентрацию в атмосфере пренебрежимо мало на выбранном интервале наблюдений.
- В этом случае из закона сохранения вещества следует, что изменение содержания ПГ в замкнутом объеме атмосферы возможно только за счет его притока (оттока) через граничную поверхность этого объема



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

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

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 $м \cdot с^{-1}$.

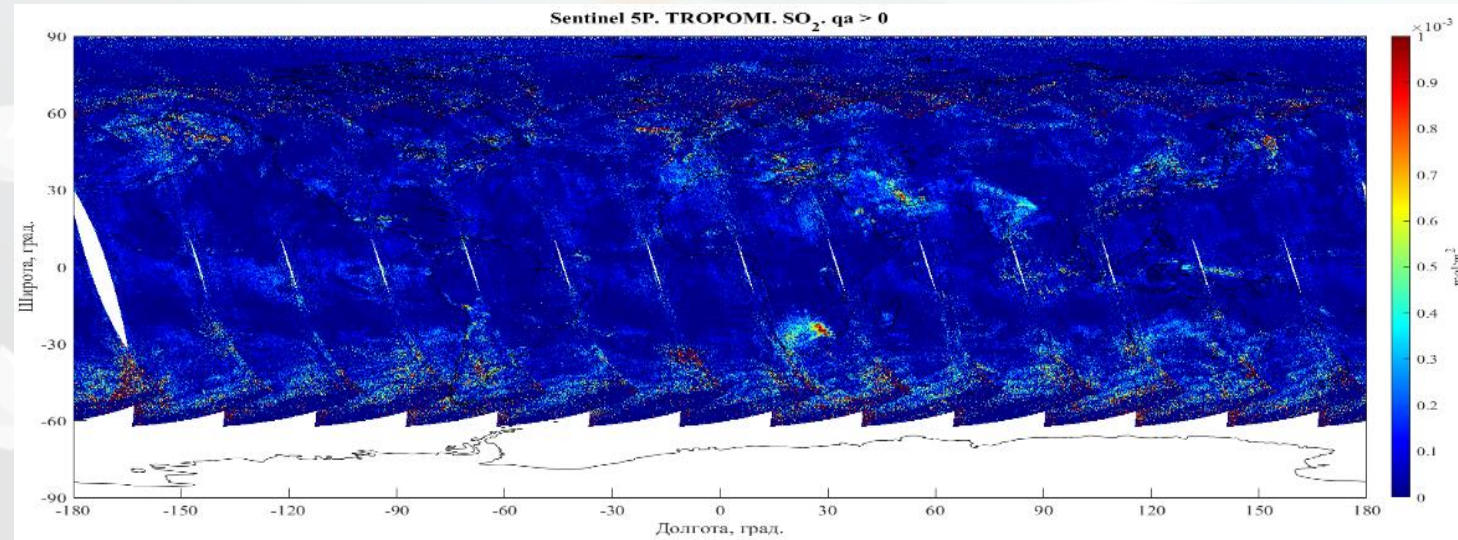


- ❑ Максимальный пространственный охват и площадь покрытия;
- ❑ Непрерывность и высокая периодичность наблюдений;
- ❑ Высокое пространственное разрешение;
- ❑ Однородность рядов данных по ключевым характеристикам;

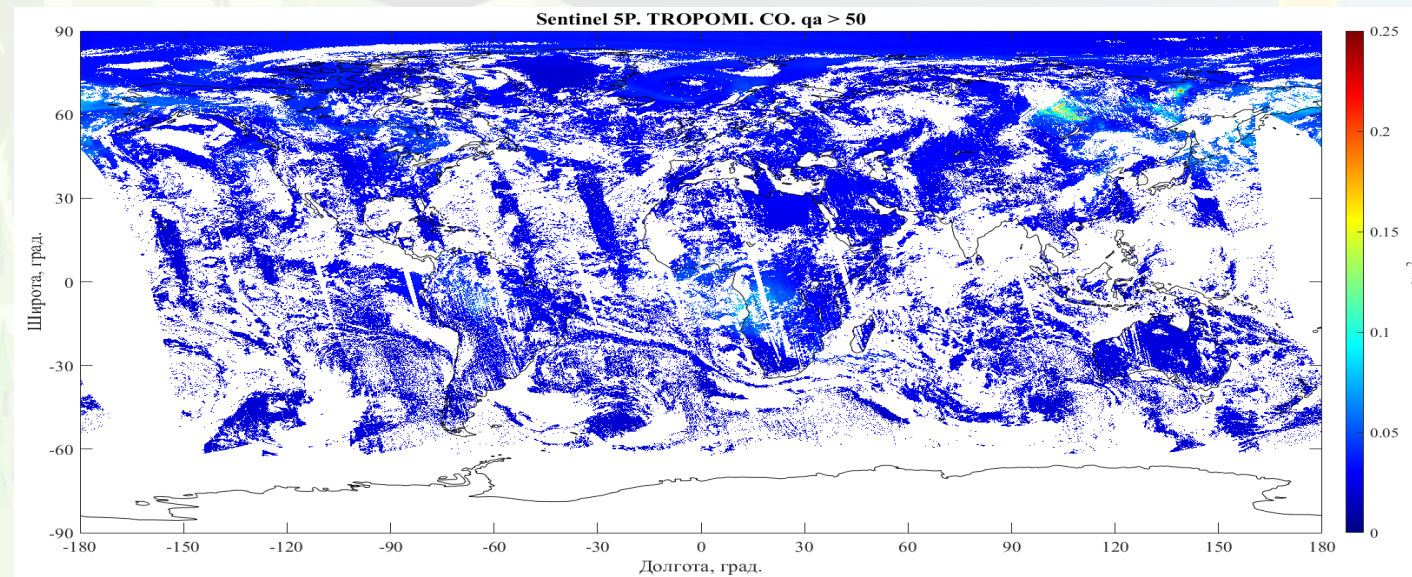
Подходящие спутниковые инструменты:

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)		

Выбор данных ДЗЗ для проверки методики

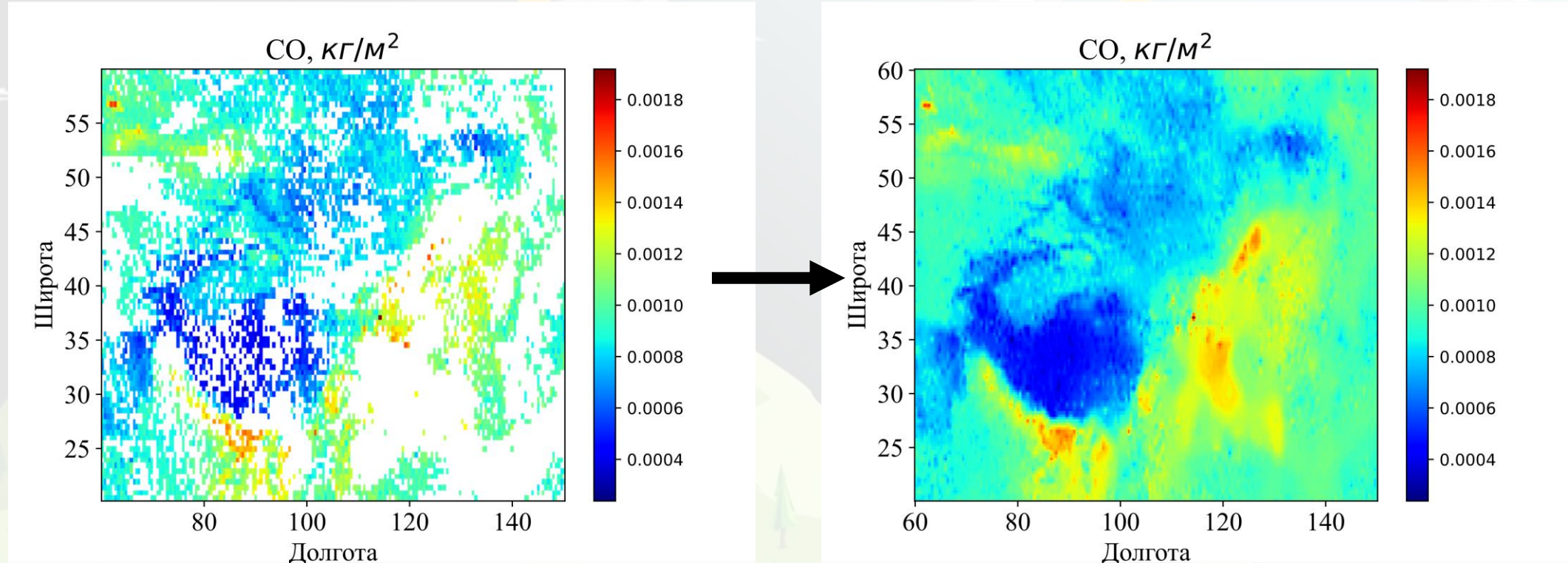


Данные по содержанию ПГ инструмента Tropicomi в ЦКП «ИКИ Мониторинг»



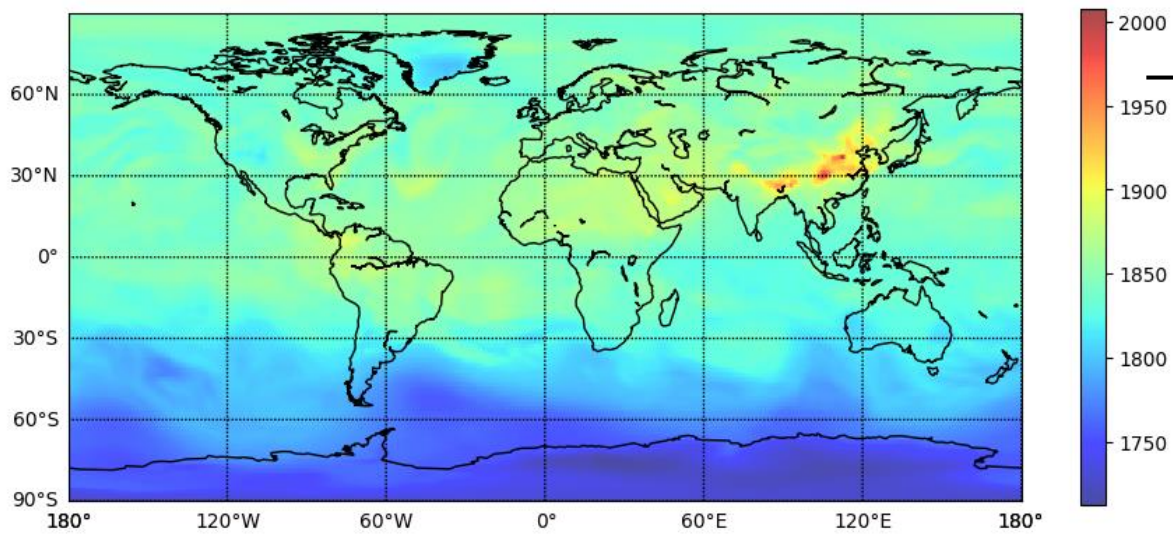
Алгоритмы контекстного заполнения

Fast marching method



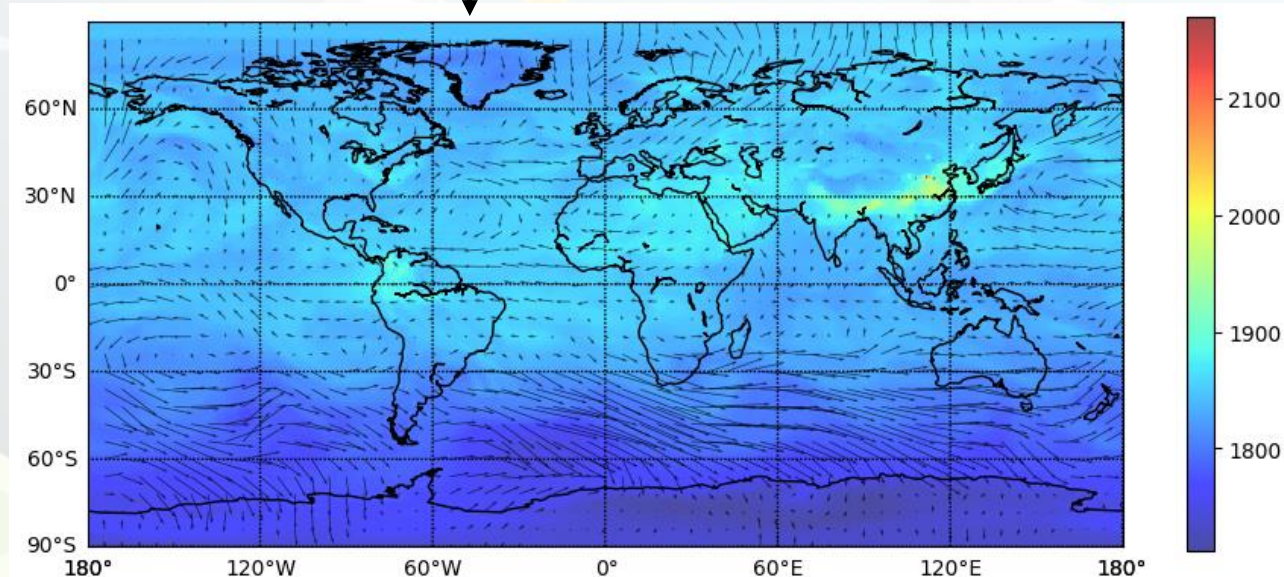
Снижение разрешения с $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ до $0,25^\circ \times 0,25^\circ$

Использование методов технического зрения



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

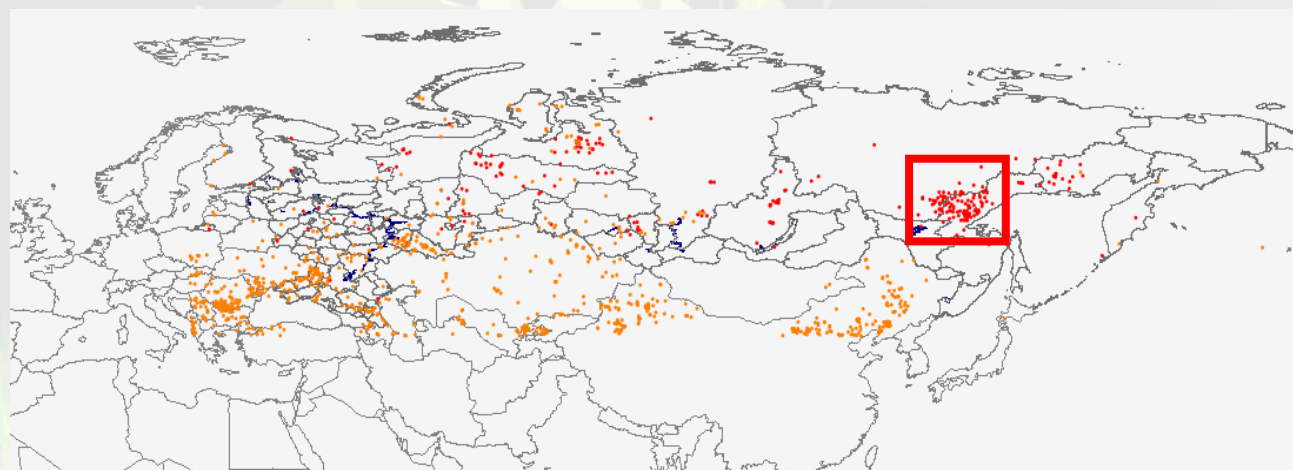
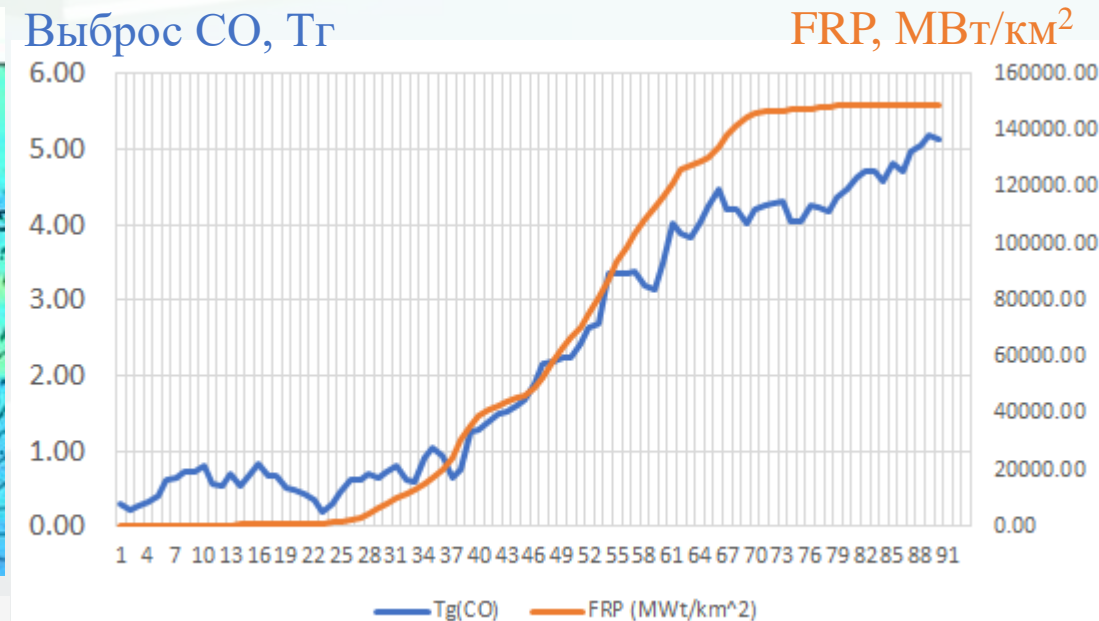
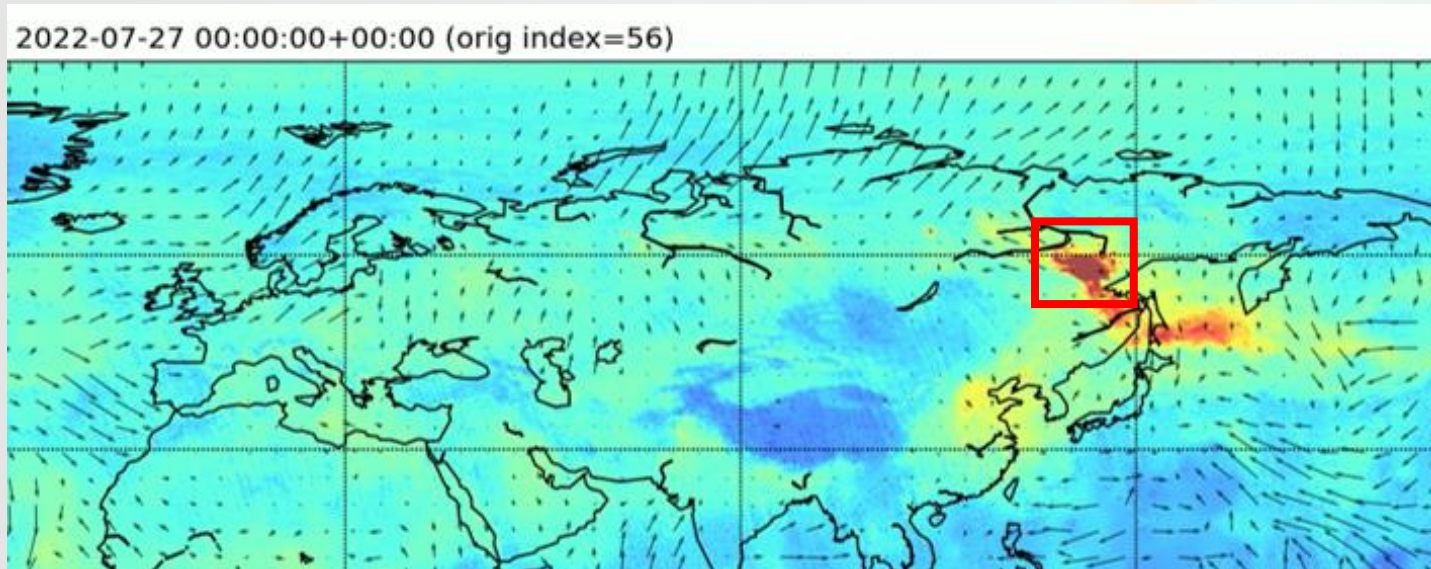
Алгоритм оценки оптического потока



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.

Восстановление баланса CO (выброса) в области сильных лесных пожаров



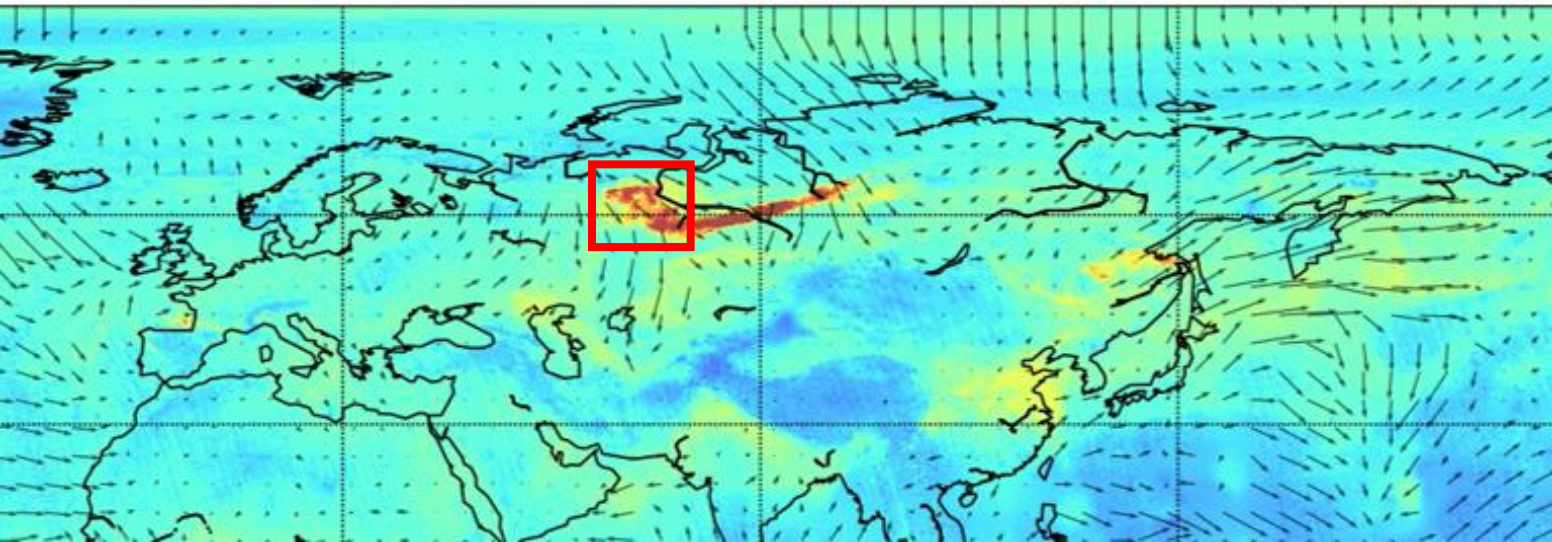
Скопление очагов лесных пожаров летом 2022 года на севере Хабаровского края и юго-востоке республики Саха

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

Выброс CO в интервале с 10.07.22 по 10.08.22:
по GFED совокупно – $3,9 \times 10^9$ кг;
по балансовой оценке – $2,9 \times 10^9$ кг;

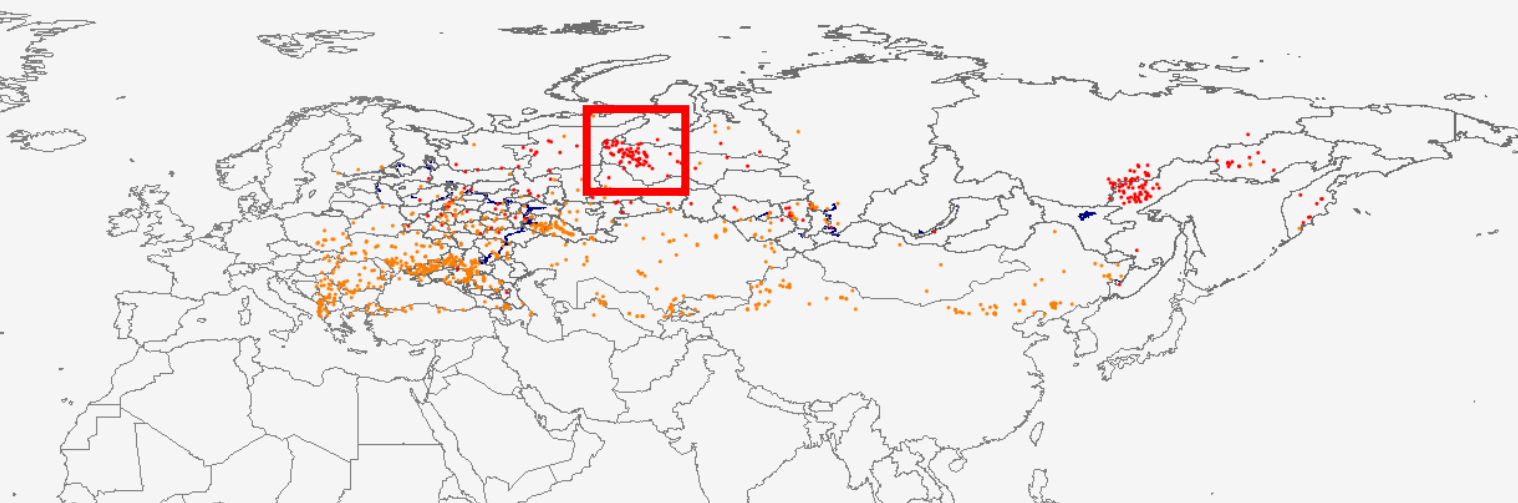
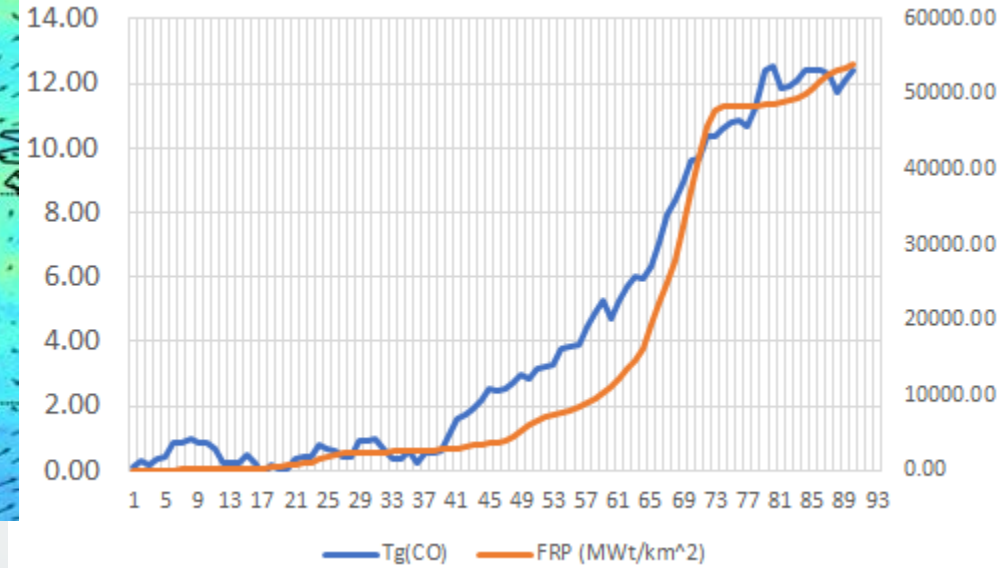
Восстановление баланса CO (выброса) в области сильных лесных пожаров

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



Выброс CO, Tг

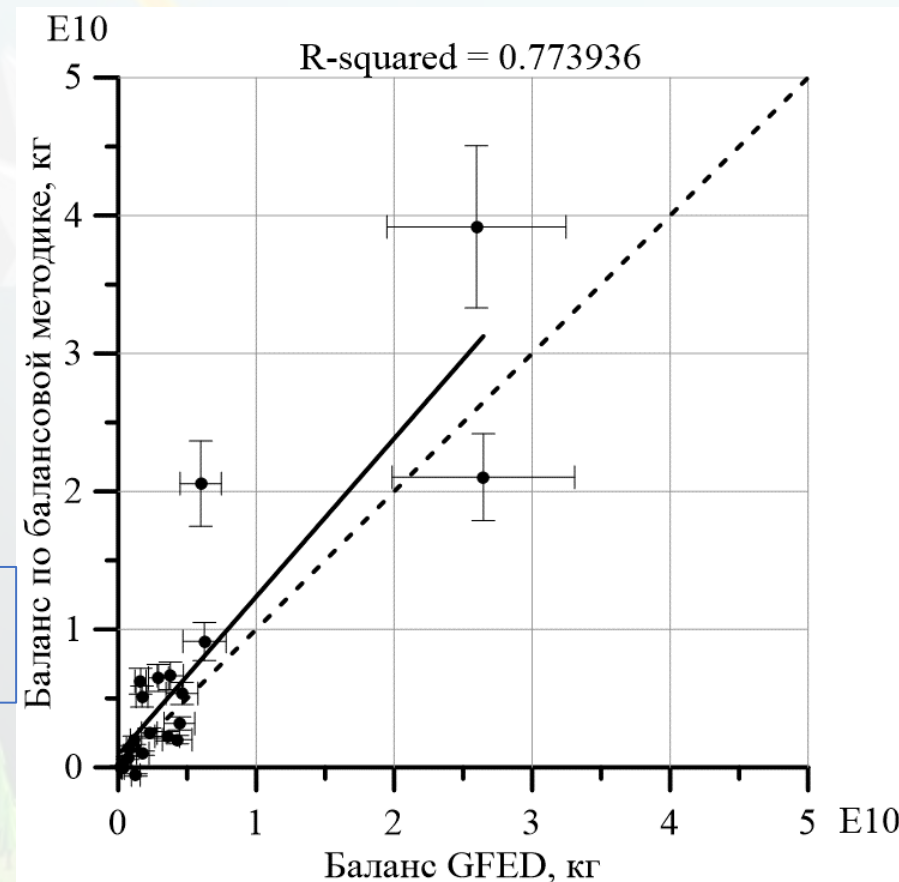
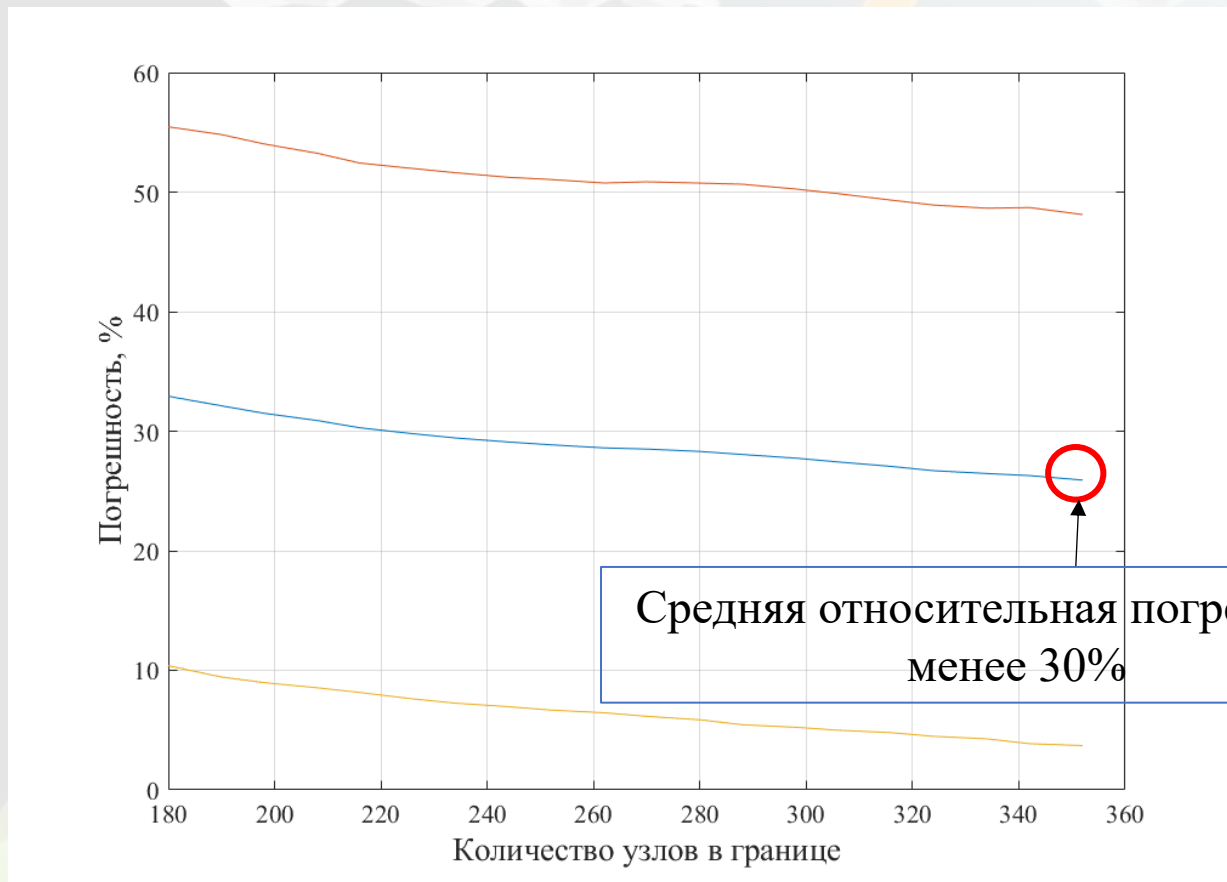
FRP, МВт/км²



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

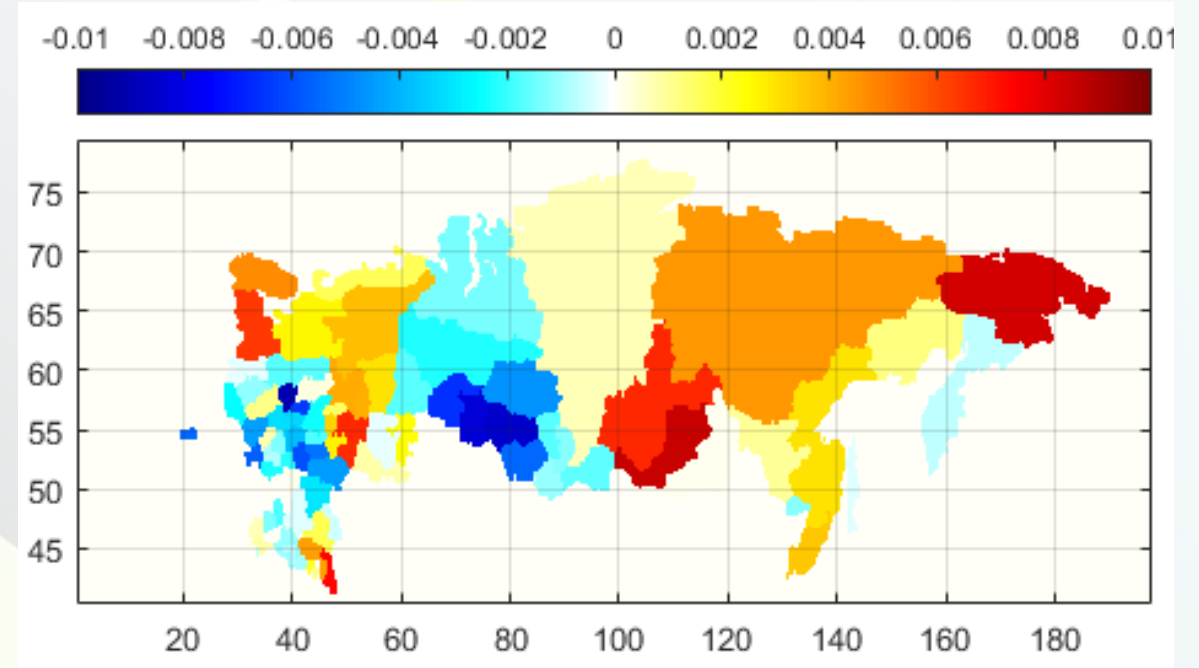
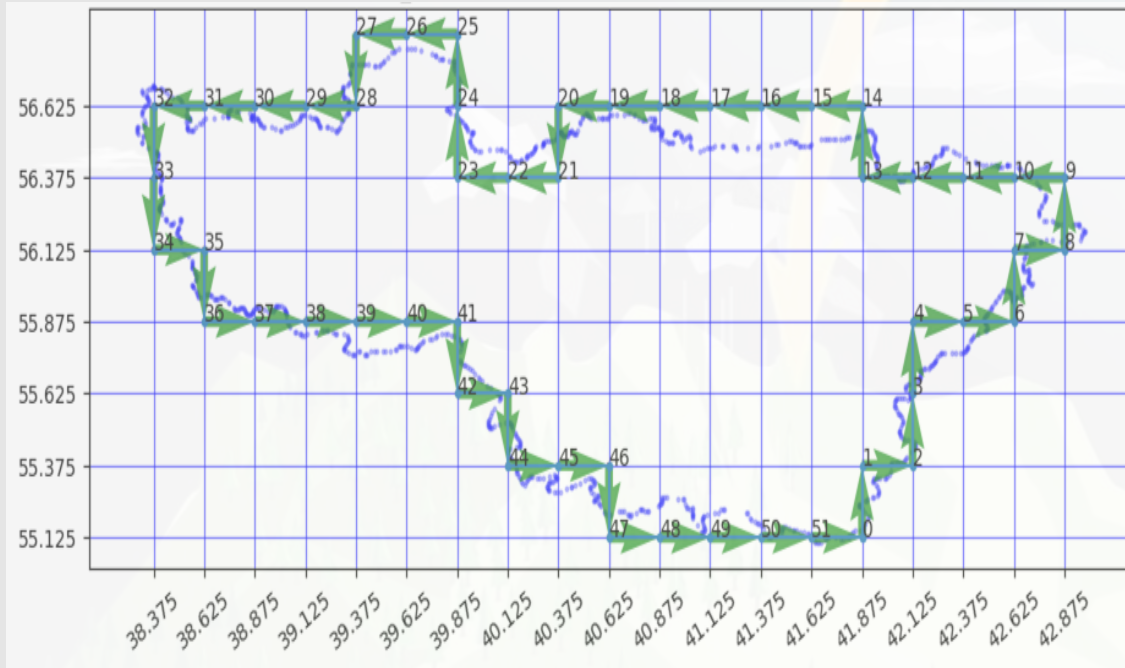
Выброс CO с 20.07.22 по 27.08.22:
по GFED совокупно – $2,42 \times 10^9$ кг;
по балансовой оценке – $2,42 \times 10^9$ кг.

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

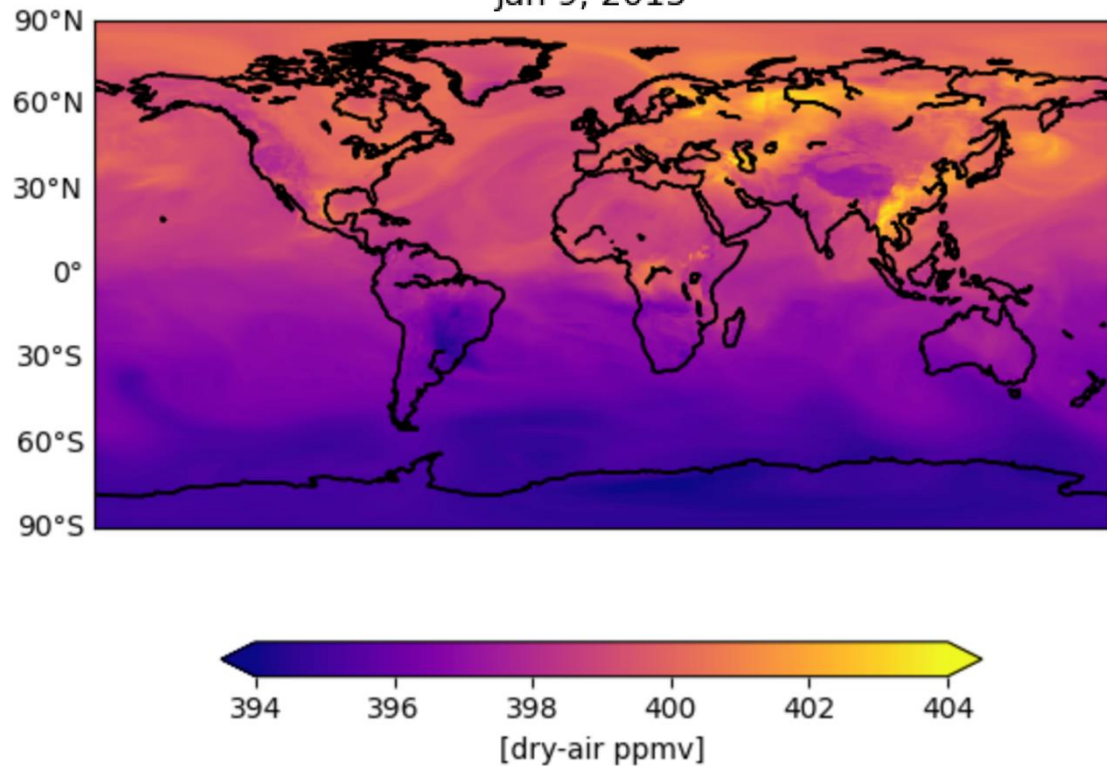


Анализ 21 лесного пожара в период с 2018 по 2023 годы, происходивших в Сибири и Канаде

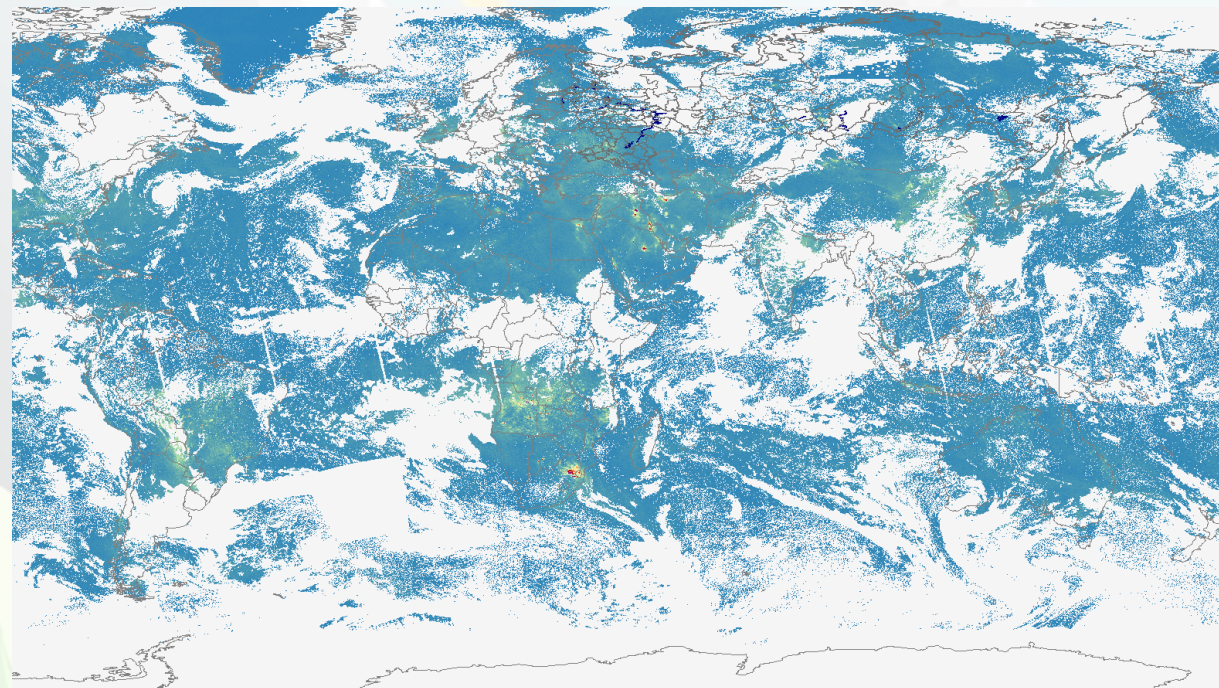
Баланс для 99 регионов РФ угарного газа за период с 2018 по 2023 и водяного пара с 2012 по 2023 г



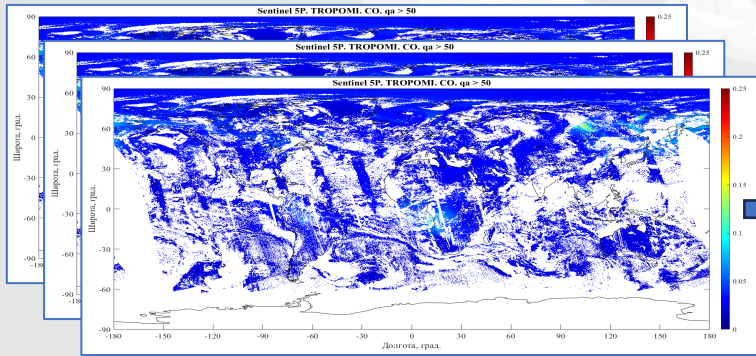
OCO-2 GEOS L3CO2 DAY 10r
Jan 9, 2015



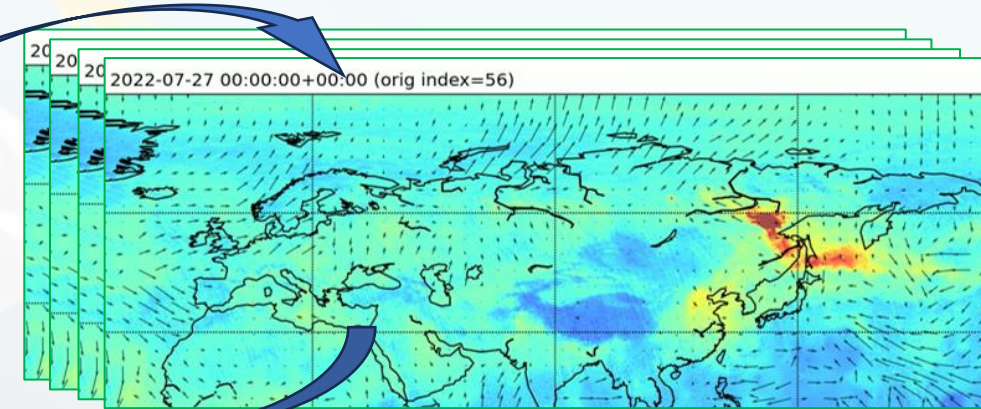
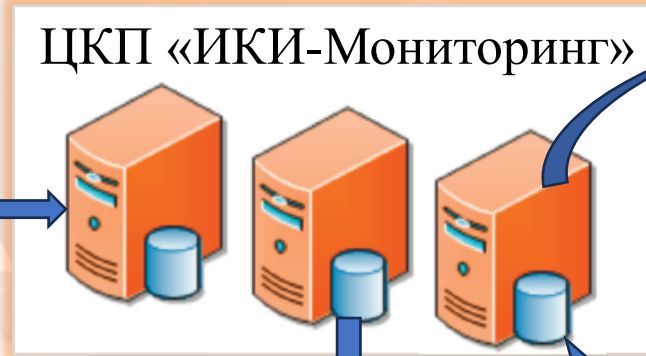
NO₂ Tropomi (ЦКП «ИКИ Мониторинг»)



Создание архивов спутниковых данных и информационных продуктов о распределениях и потоках климатически активных газов



Данные спутникового мониторинга ПГ



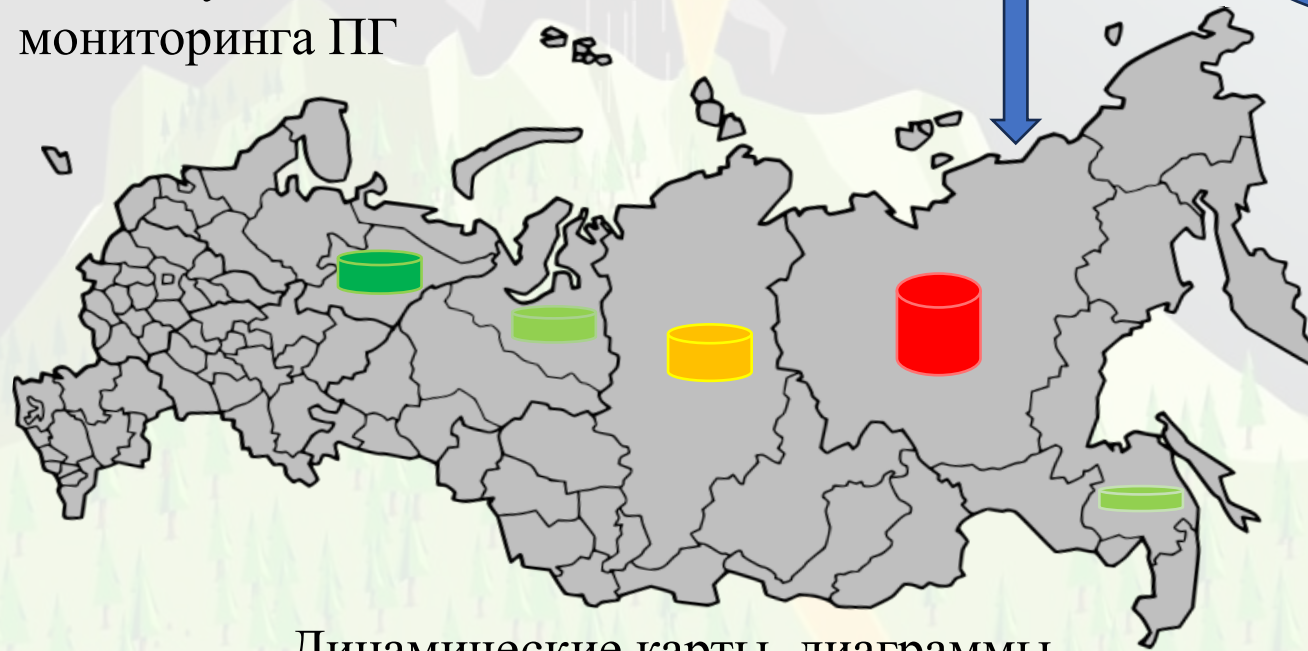
Первичные продукты: концентрации и горизонтальные потоки МГС, в т.ч., ПГ

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

Спасибо за внимание!

Контакты

Молодежная лаборатория «Дистанционного мониторинга распределения концентраций и потоков малых газовых составляющих в атмосфере Земли» ИКИ РАН

Д.М. Ермаков, зав. отделом 55 ИКИ РАН
d.m.ermakov@cosmos.ru

Е.В. Пашинов, зав. мол. лабораторией
pashinove@mail.ru