

# **Исследование источников погрешности и оптимизация балансовой методики восстановления вертикальных потоков малых газовых составляющих атмосферы по спутниковым данным**

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

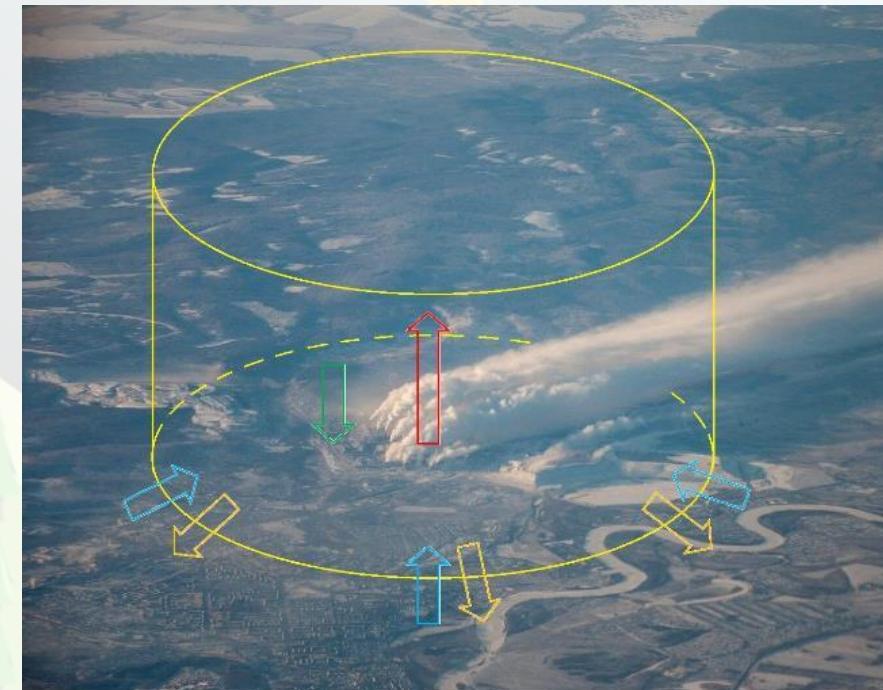
Молодёжная лаборатория ИКИ РАН

(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

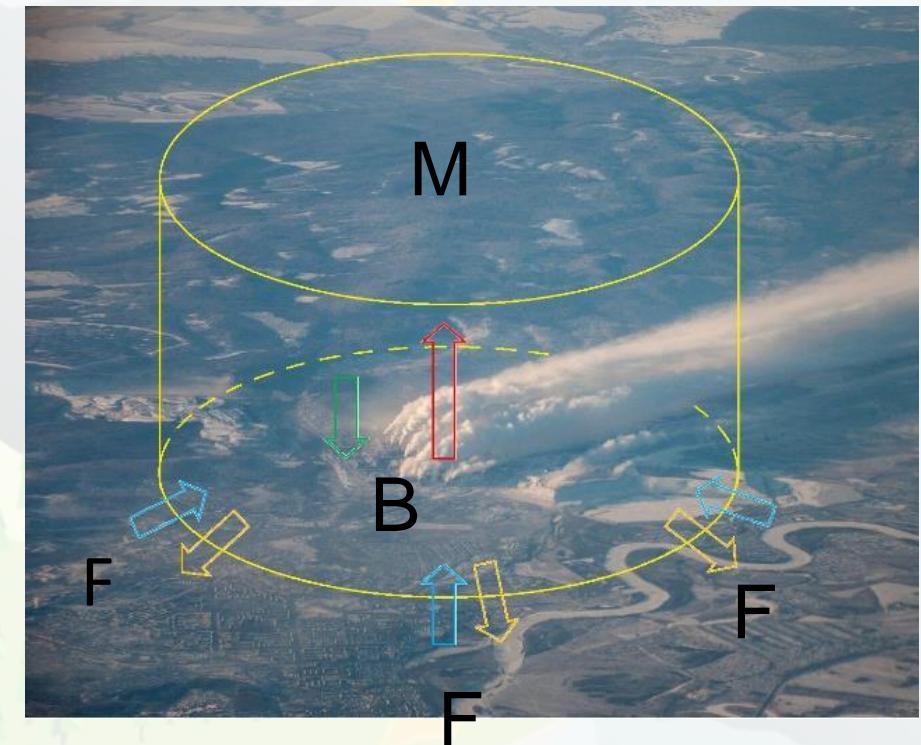


## Предлагаемая методика балансовых расчётов

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

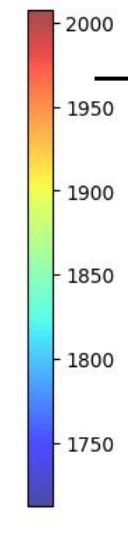
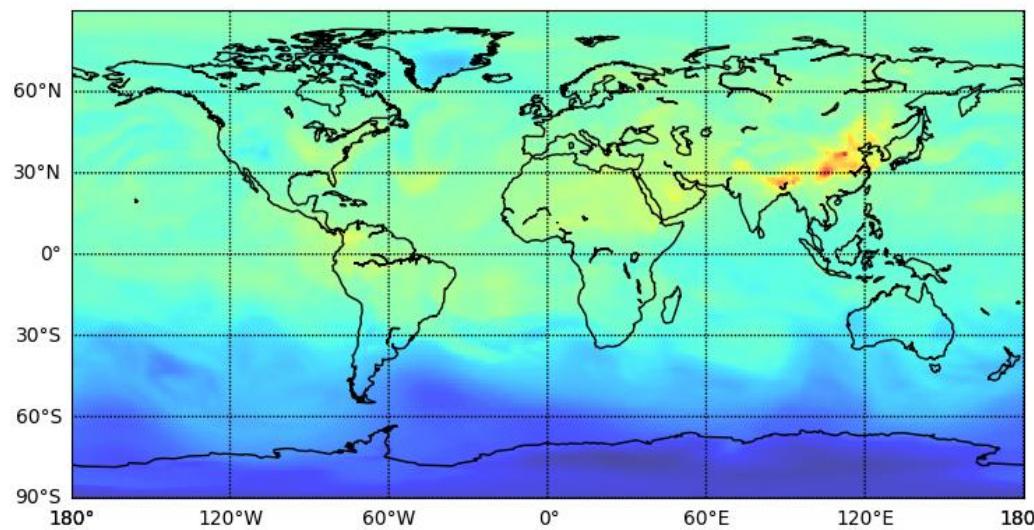
$$F(x, y) = \int_0^{+\infty} \rho(x, y, z) v(x, y, z) dz = M(x, y) v^*(x, y)$$

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  $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$ ;  $F$  – интегральный по высоте атмосферы горизонтальный поток ПГ в  $\text{кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ .  $v^*$  – эффективная (взвешенная по высоте атмосферы) скорость горизонтального переноса ПГ в  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

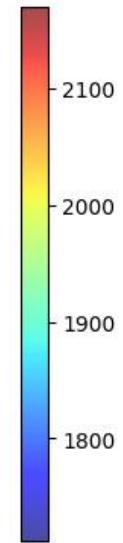
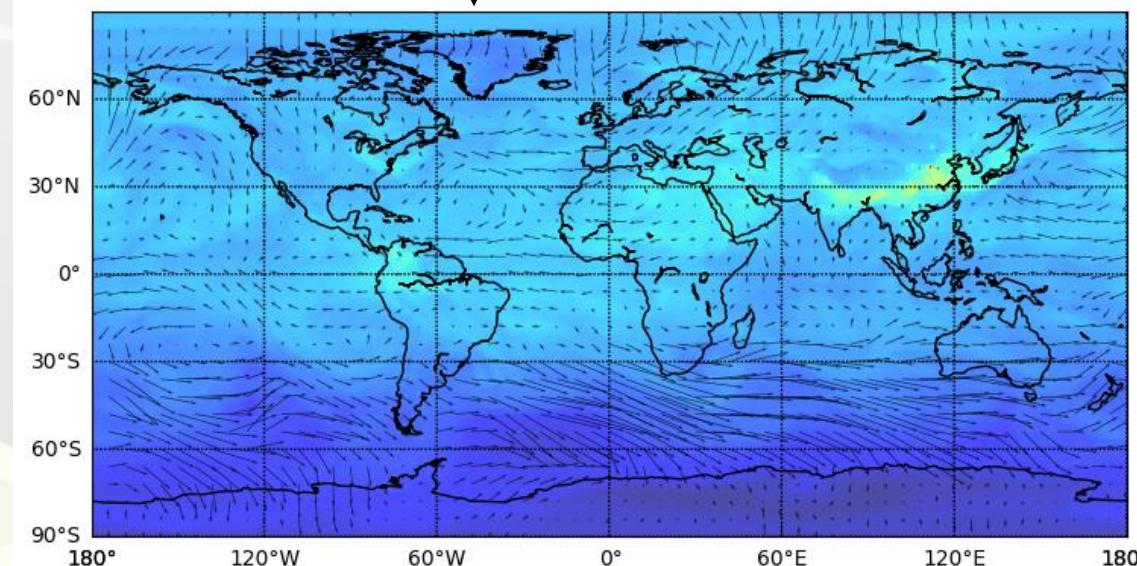


# Восстановление горизонтальных потоков парниковых газов

## Использование методов технического зрения



Алгоритм оценки оптического потока



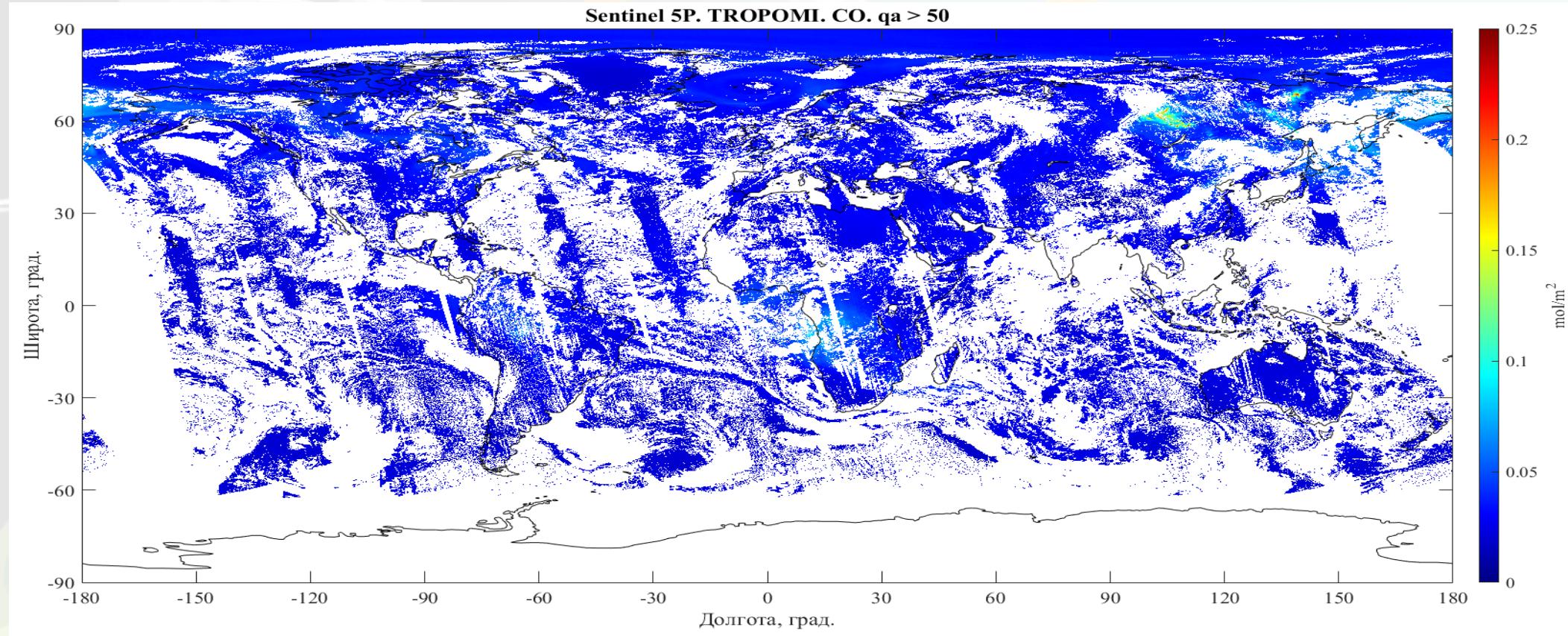
Глобальные поля концентраций парниковых газов на  
регулярной сетке, регулярно (посуточно) обновляемые

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

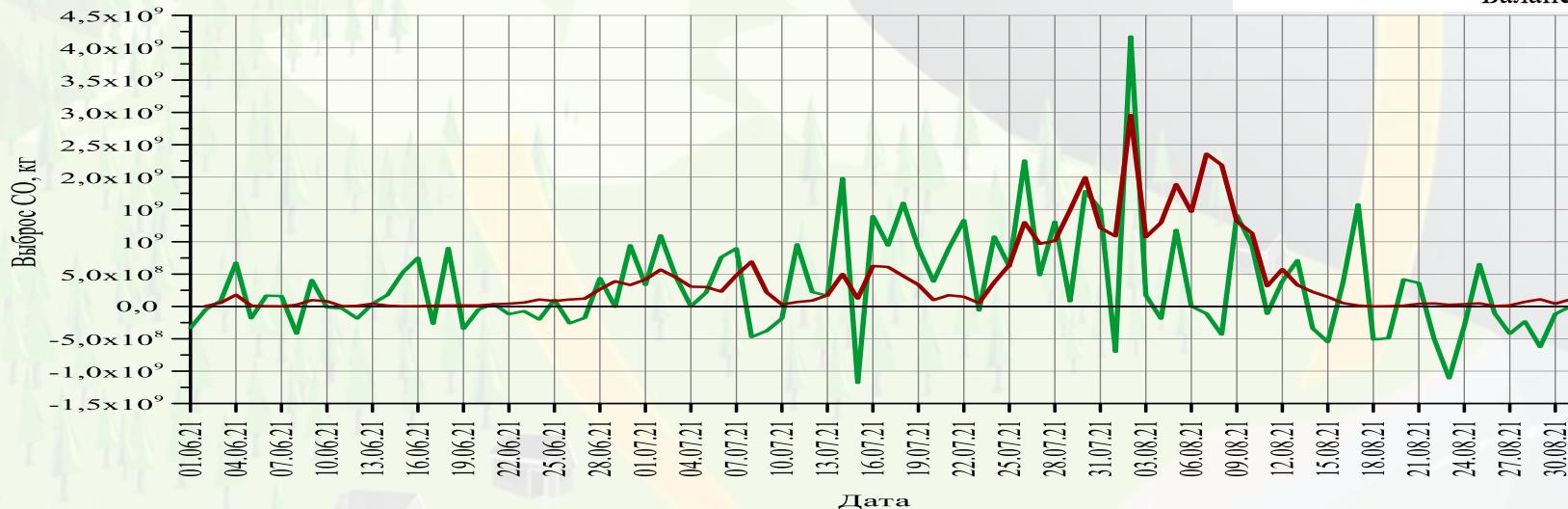
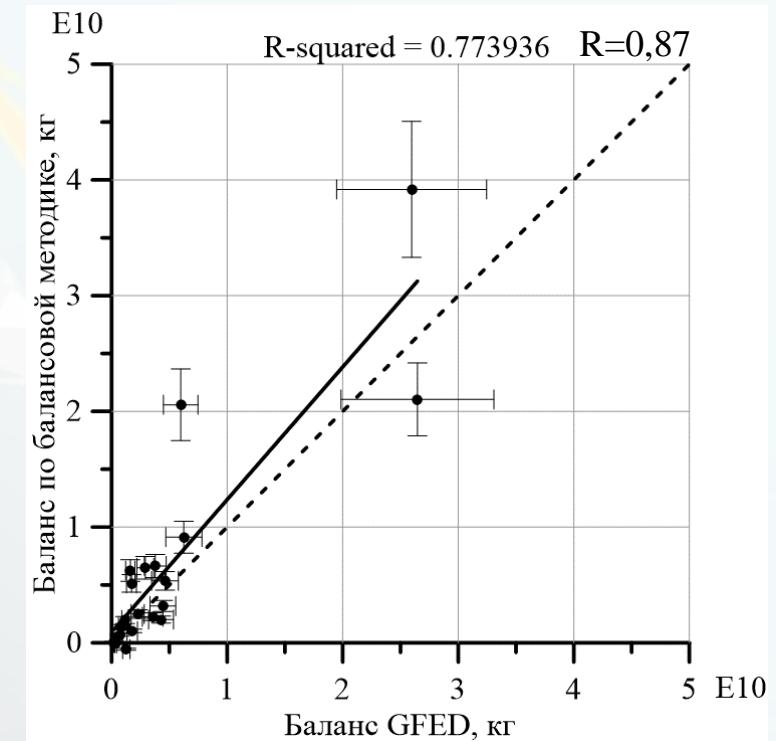
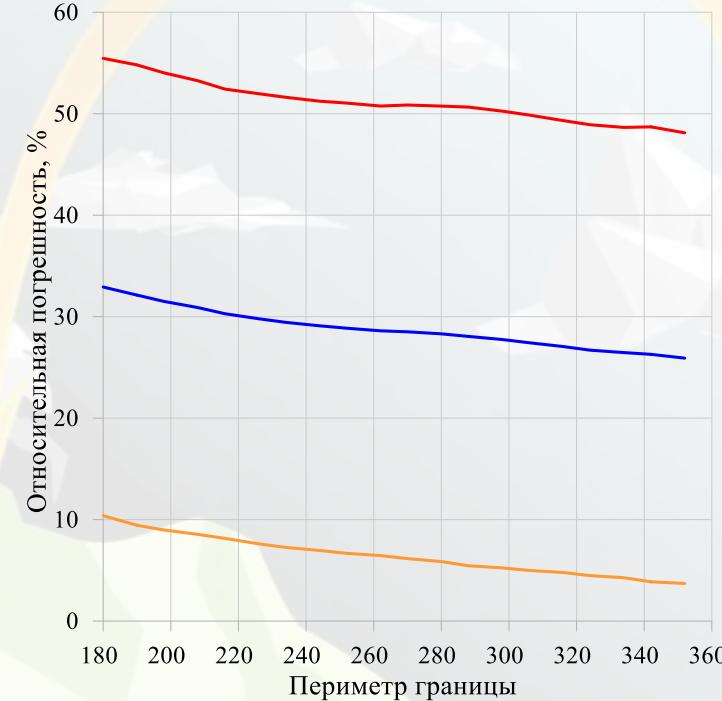
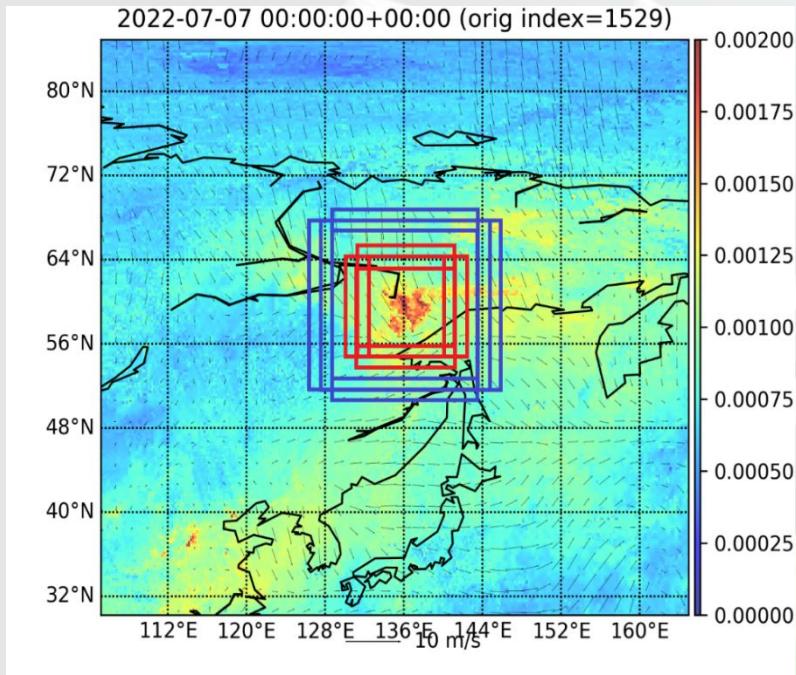
Между двумя соседними по времени спутниковыми изображениями строится поле векторов смещения  
всех элементов (пикселей), которое наилучшим образом объясняет наблюдаемые изменения.

# Выбор данных ДЗЗ для проверки методики

Данные по содержанию СО инструмента Тропоми в ЦКП «ИКИ Мониторинг»



# Предыдущие результаты оценки погрешности для выброса от пожаров

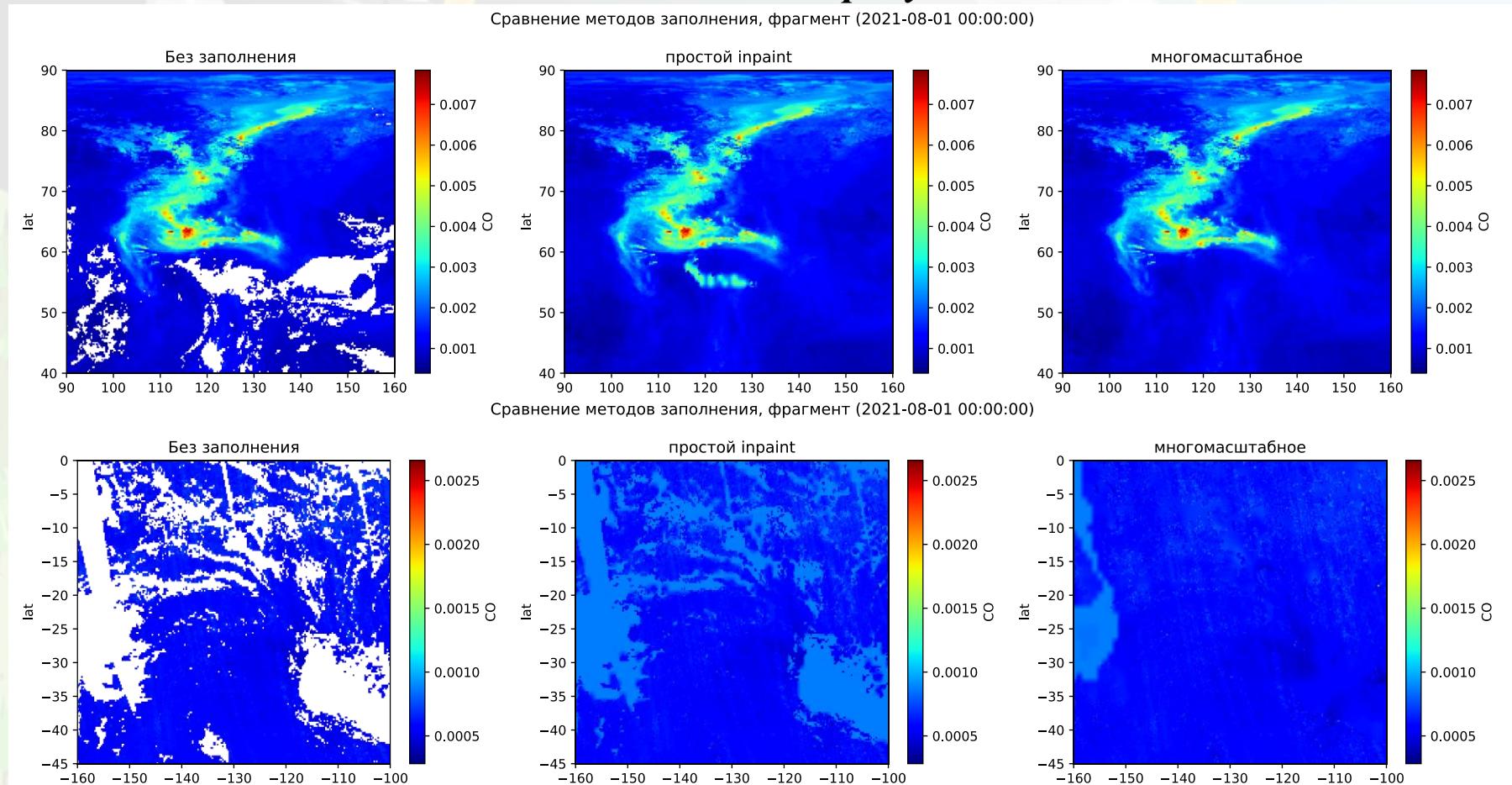


# Предварительная обработка

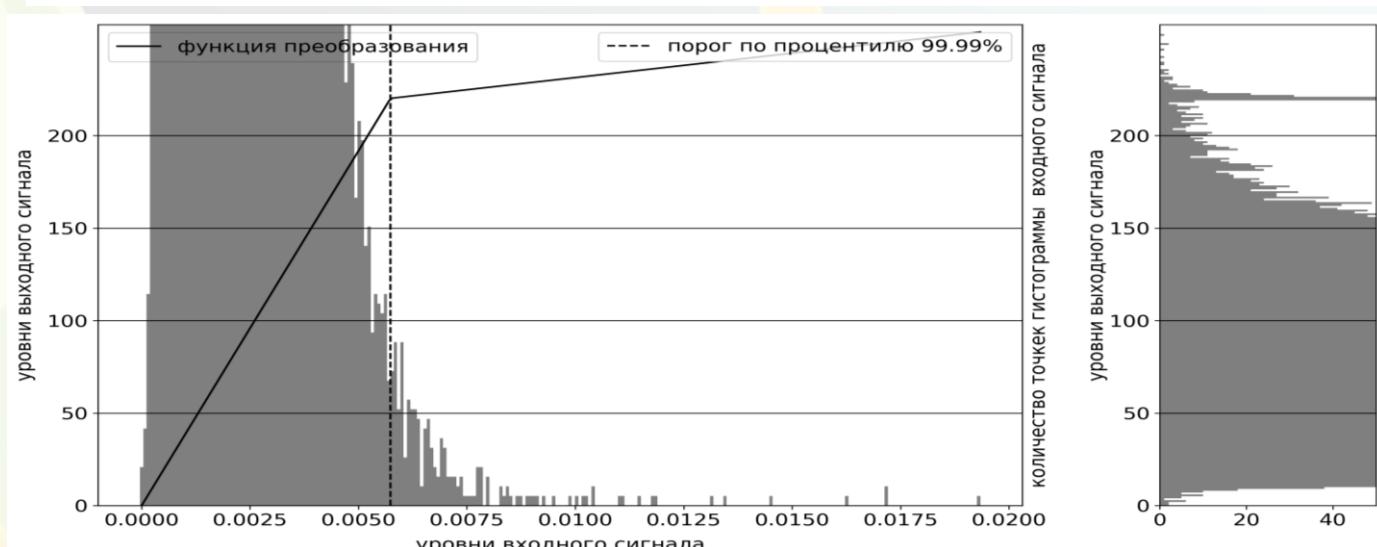
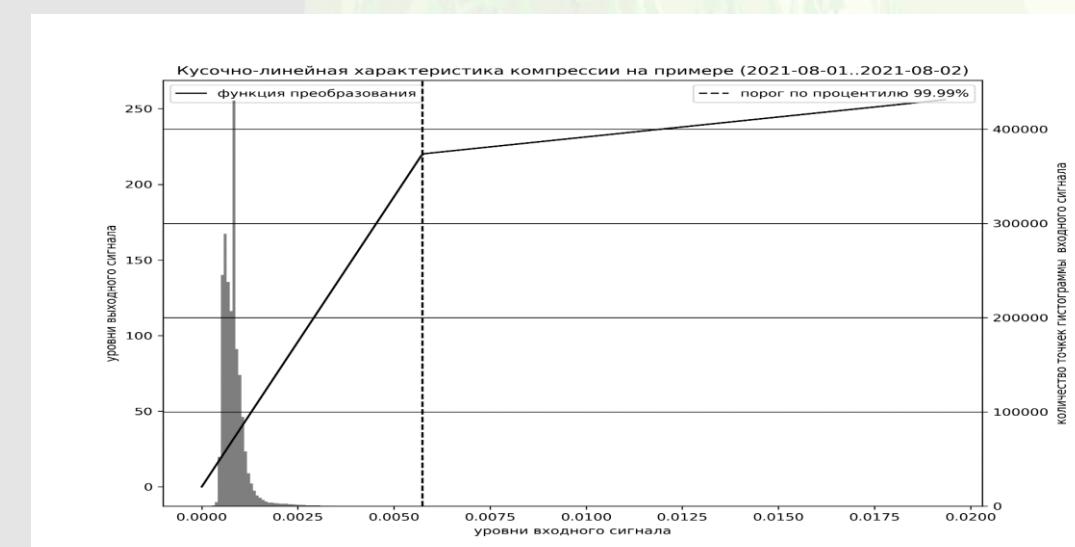
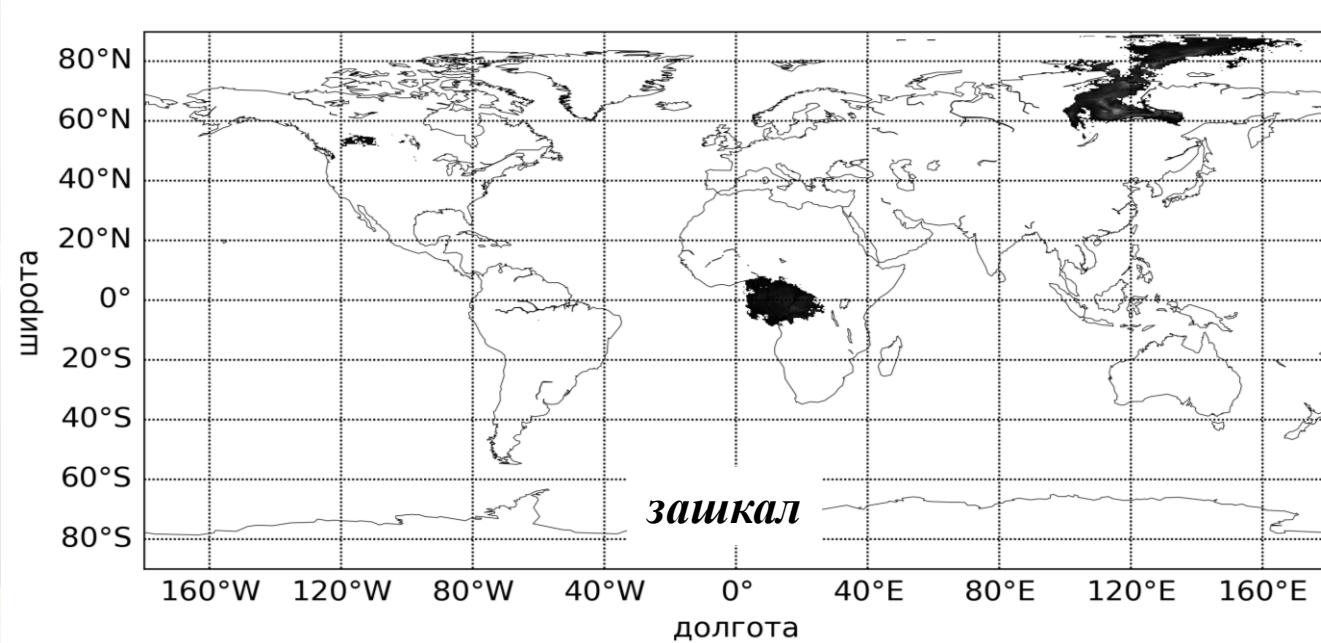
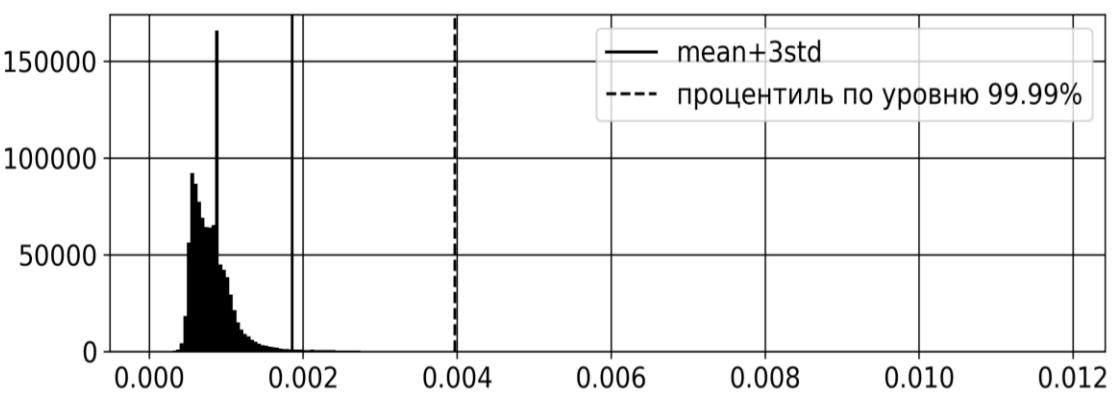
## Переход к новой расчетной сетке

Исходные данные об интегральном содержании СО в атмосфере поступают в виде суточных композитов на сетке  $0,04 \times 0,07$  градуса. Для удобства дальнейших расчётов данные пересчитываются на сетку с одинаковым шагом по широте и долготе  $0,25 \times 0,25$  градуса. Это пересчёт выполняется путём усреднения корректных значений исходной сетки попадающих внутрь ячейки новой сетки.

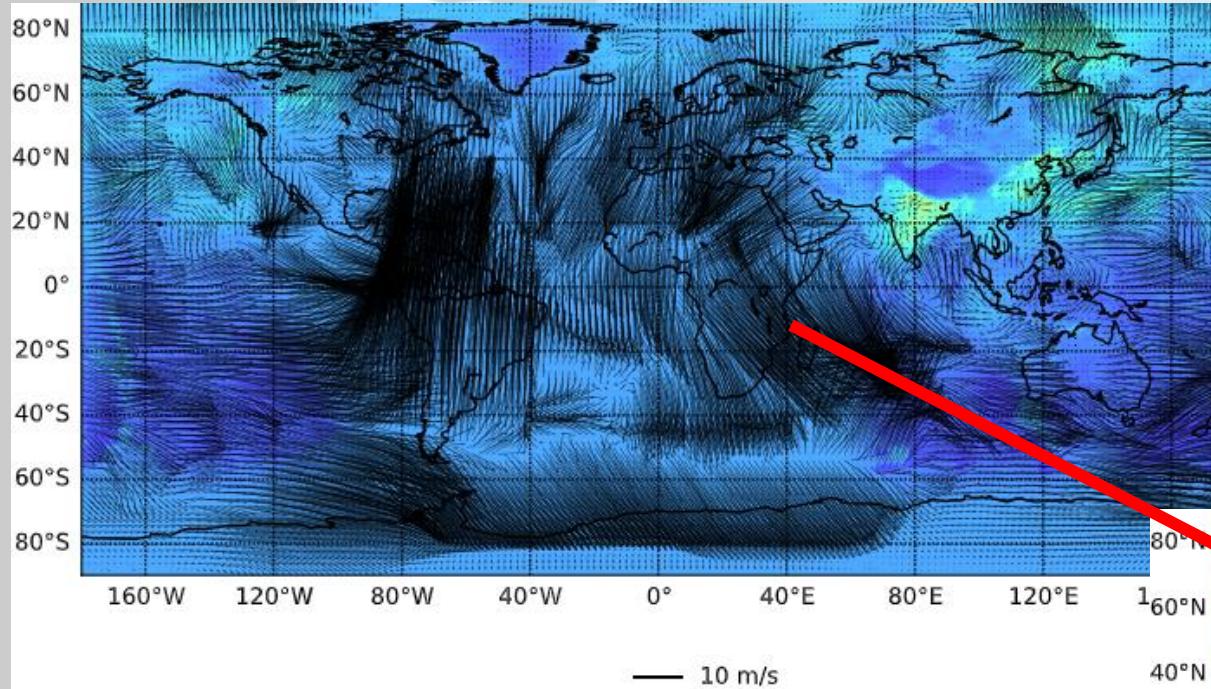
### Новое заполнение пропусков



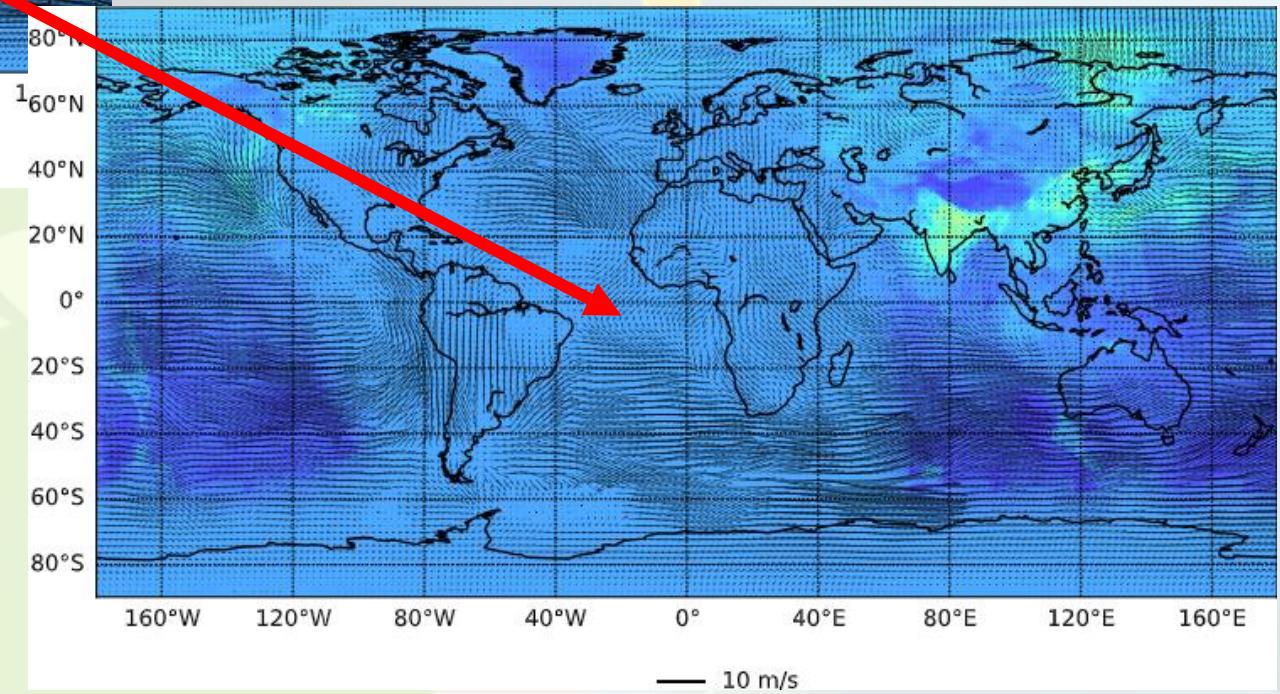
# Новый алгоритм контрастирования



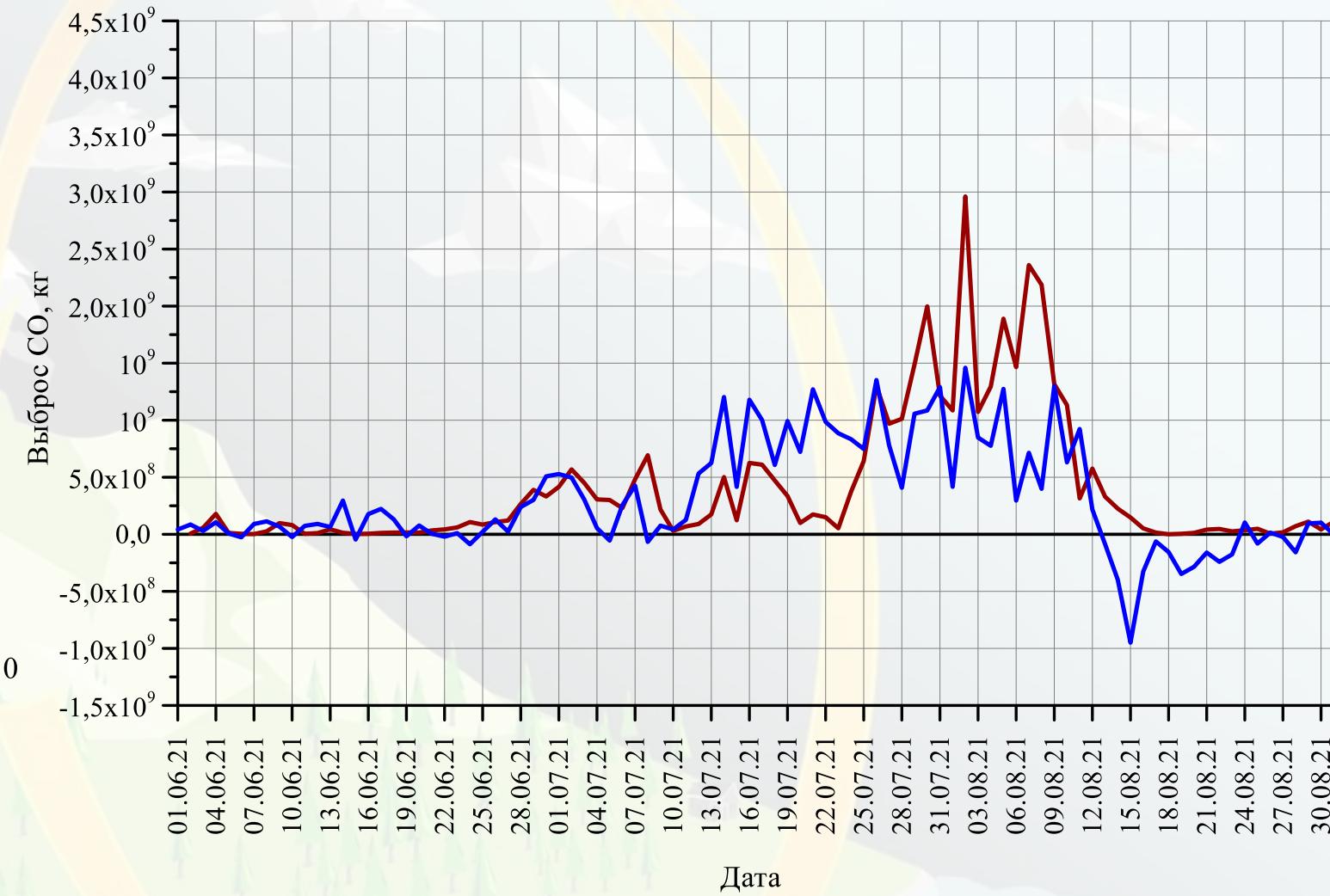
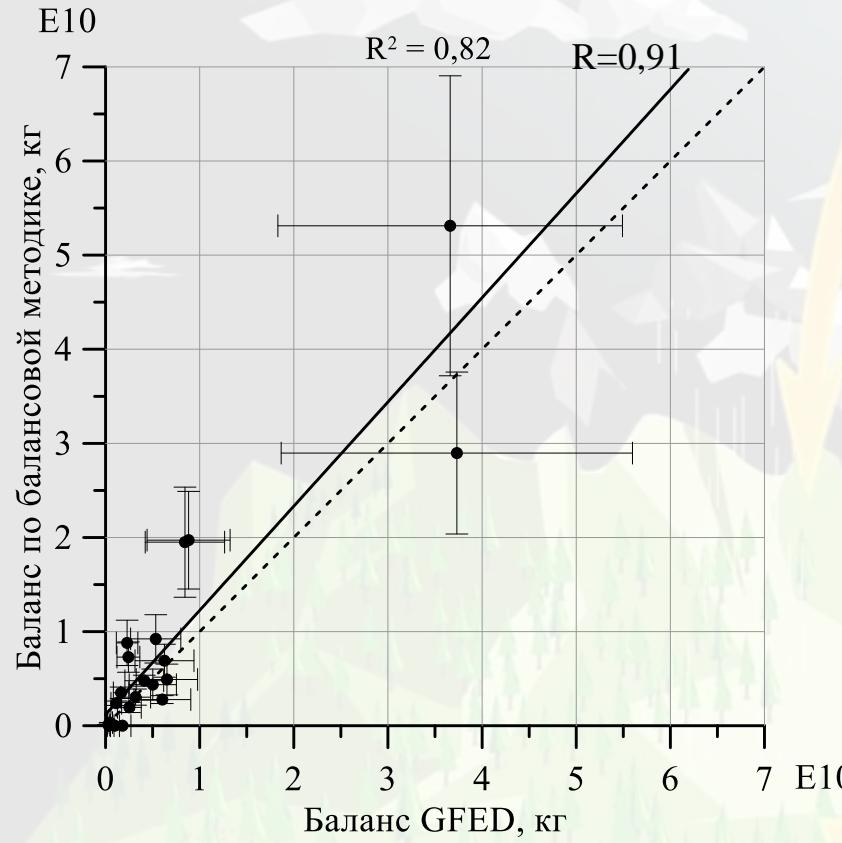
# Фильтрация и сглаживание векторов адвекции газа



Предположительный источник погрешности – артефакты в векторах адвекции газа. Для их устранения векторы в каждом пикселе усреднены окном с шириной 10 суток



# Результаты



- Были исследованы источники погрешности и проведена оптимизация балансовой методики восстановления вертикальных потоков малых газовых составляющих атмосферы по спутниковым данным.
- Был выполнен пересчёт данных на сетку  $0,25 \times 0,25$ .
- Был применён новый алгоритм закрытия пропусков данных
- Улучшен алгоритм контрастирования и пересчёта глобальных полей концентрации в 8битные изображения.
- Проведена фильтрация векторных полей адвекции газа.
- Проделанная работа позволила улучшить совпадение накопленного баланса СО для лесных пожаров с данными GFED с  $R = 0,87$  до  $0,91$ . Уменьшены артефакты и шумы в данных о суточном балансе.

Работа выполнена в рамках темы «Эмиссия» государственного задания ИКИ РАН (гос. регистрация № 1024032600245-7-1.5.9).

Спасибо за внимание!