

# **Исследование погрешности методики восстановления баланса парниковых газов по данным ДЗЗ в районе пустынь**

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

Молодёжная лаборатория ИКИ РАН

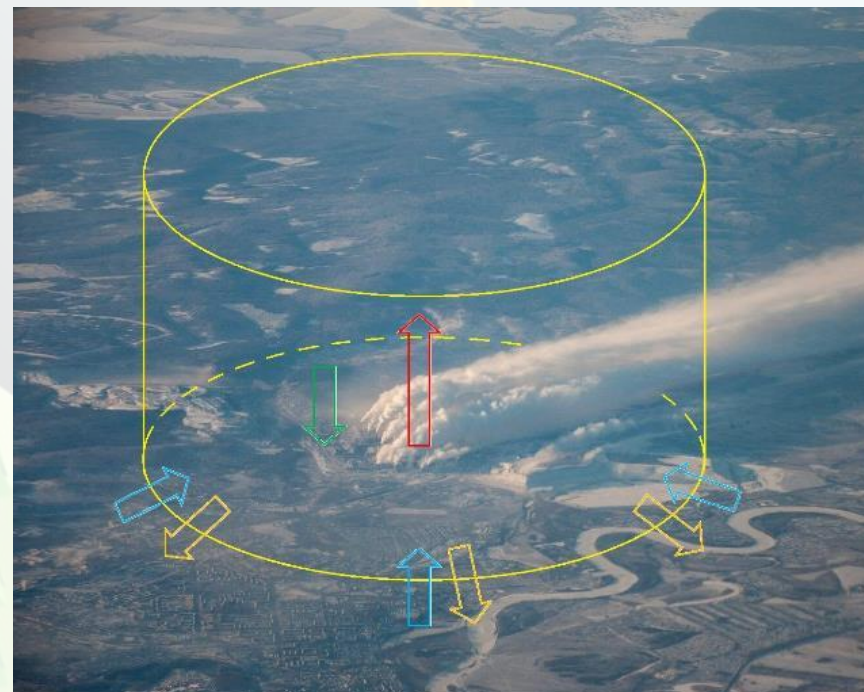
- В молодёжной лаборатории ИКИ РАН разрабатывается методика оценки баланса парниковых газов замкнутая относительно спутниковых измерений их интегрального содержания
- В настоящий момент методика отрабатывается на измерениях интегрального содержания угарного газа прибором TROPOMI, поскольку эти данные имеют хорошее покрытие и есть локализованные долгоживущие мощные источники угарного газа в виде лесных пожаров.
- Ранее была проведена оценка погрешности методики для выброса CO лесными пожарами. Она показала относительную погрешность порядка 30%
- Есть области суши – например пустыни, которые не должны выделять или поглощать угарный газ, в этом случае мы знаем что для этих областей должен быть нулевой баланс.
- 
- Работа показывает оценку шумовой дорожки восстановленного баланса CO для двух пустынь за лето 2019 года с временным разрешением в 1 сутки.

(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

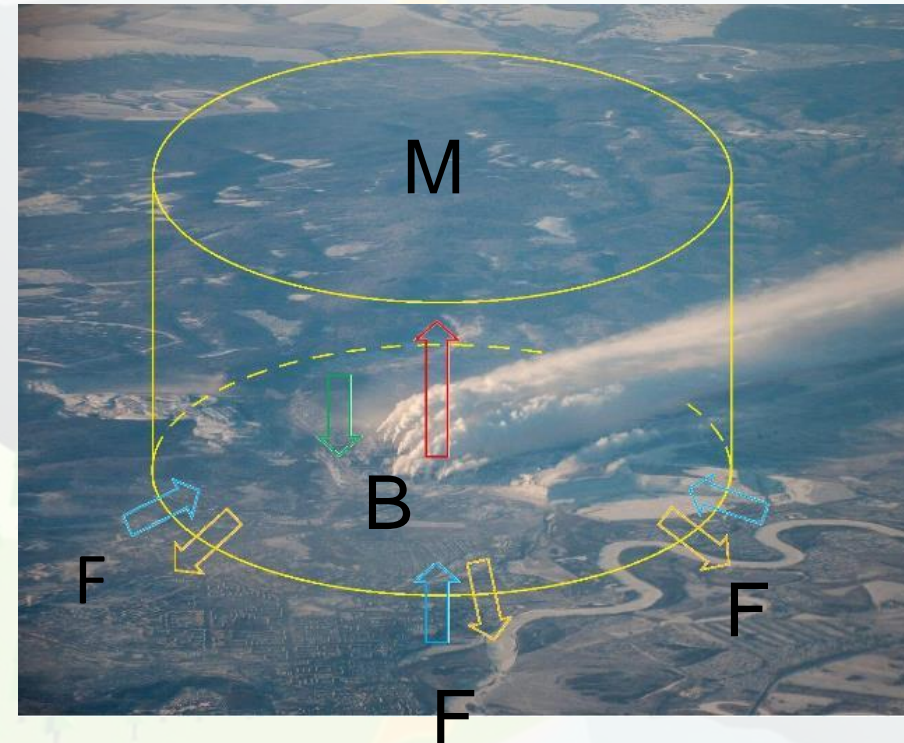




$$\int_{t_{min}}^{t_{max}} B(t)dt = - \iint_A M(x,y)dx dy \Big|_{t_{min}}^{t_{max}} - \int_{t_{min}}^{t_{max}} dt \oint_p F(x,y)dn,$$

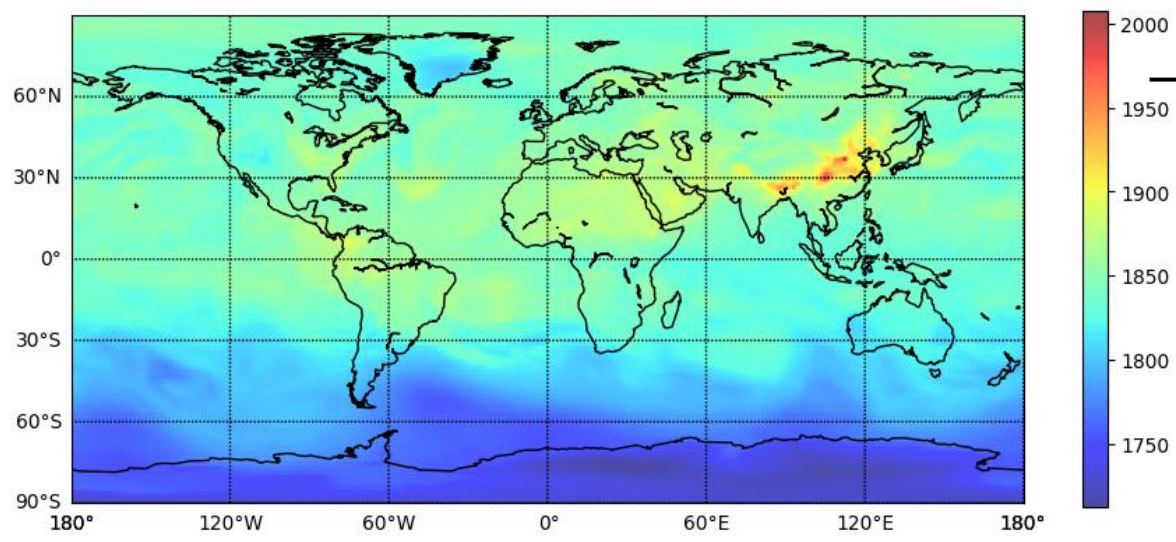
$$F(x,y) = \int_0^{+\infty} \rho(x,y,z)v(x,y,z)dz = M(x,y)v^*(x,y)$$

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  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$ ;  $F$  – 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  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .



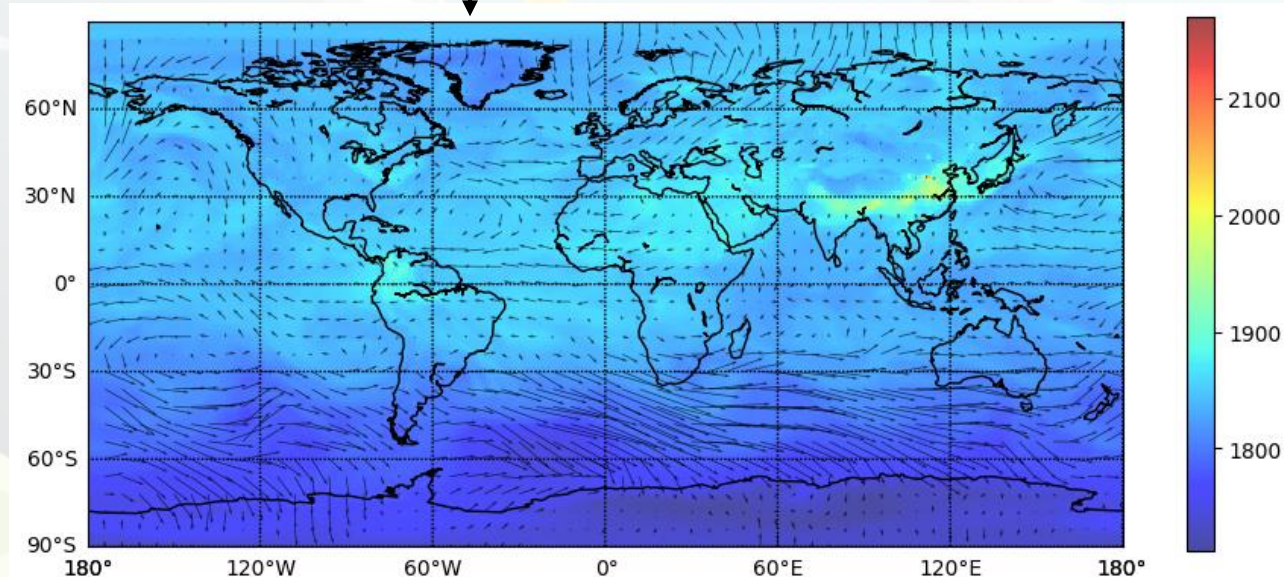


## Использование методов технического зрения



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

Алгоритм оценки оптического потока

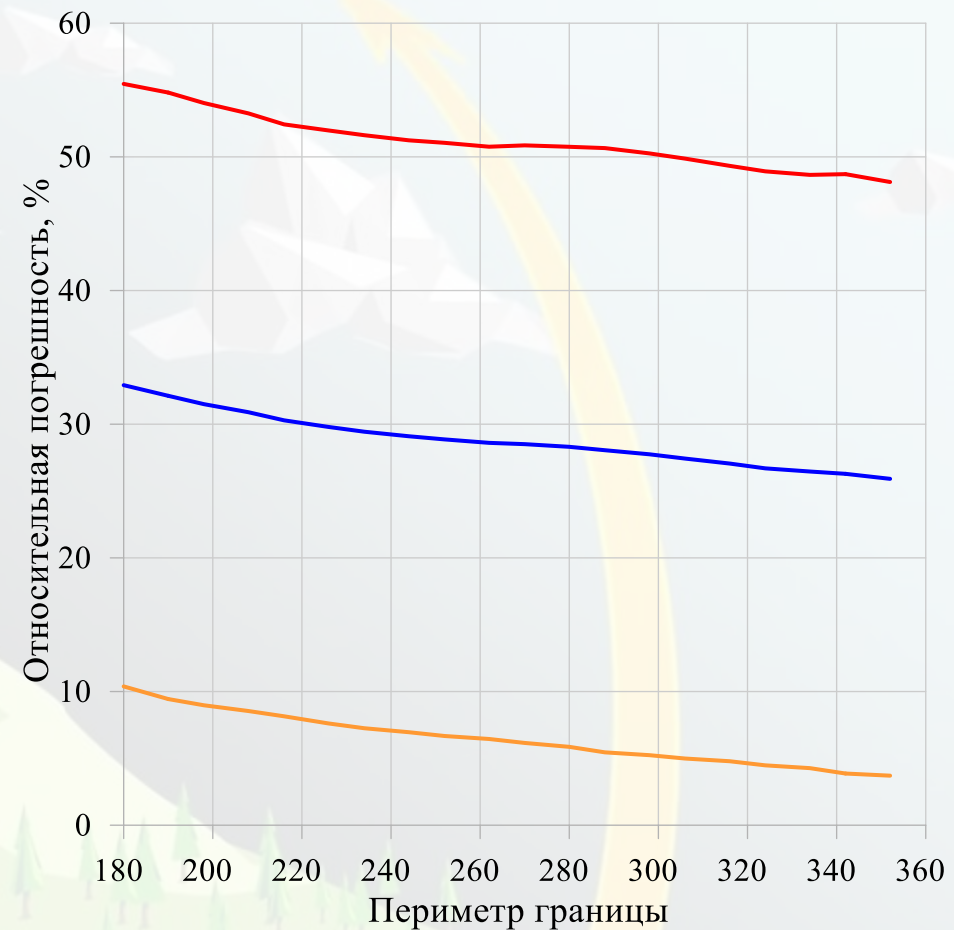
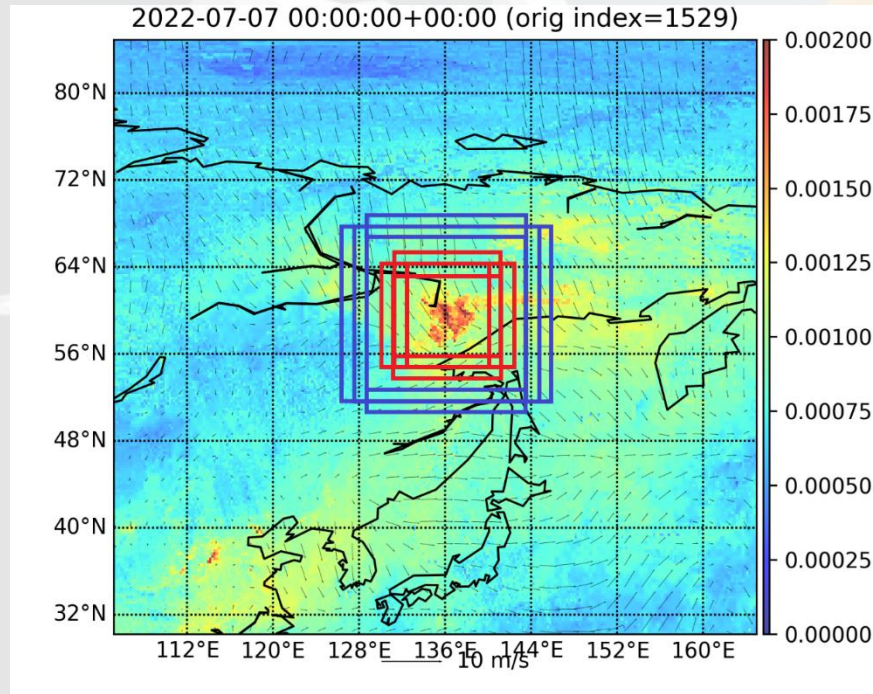


Используемый алгоритм оценки оптического потока – **DIS** (Dense Inverse Search).

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

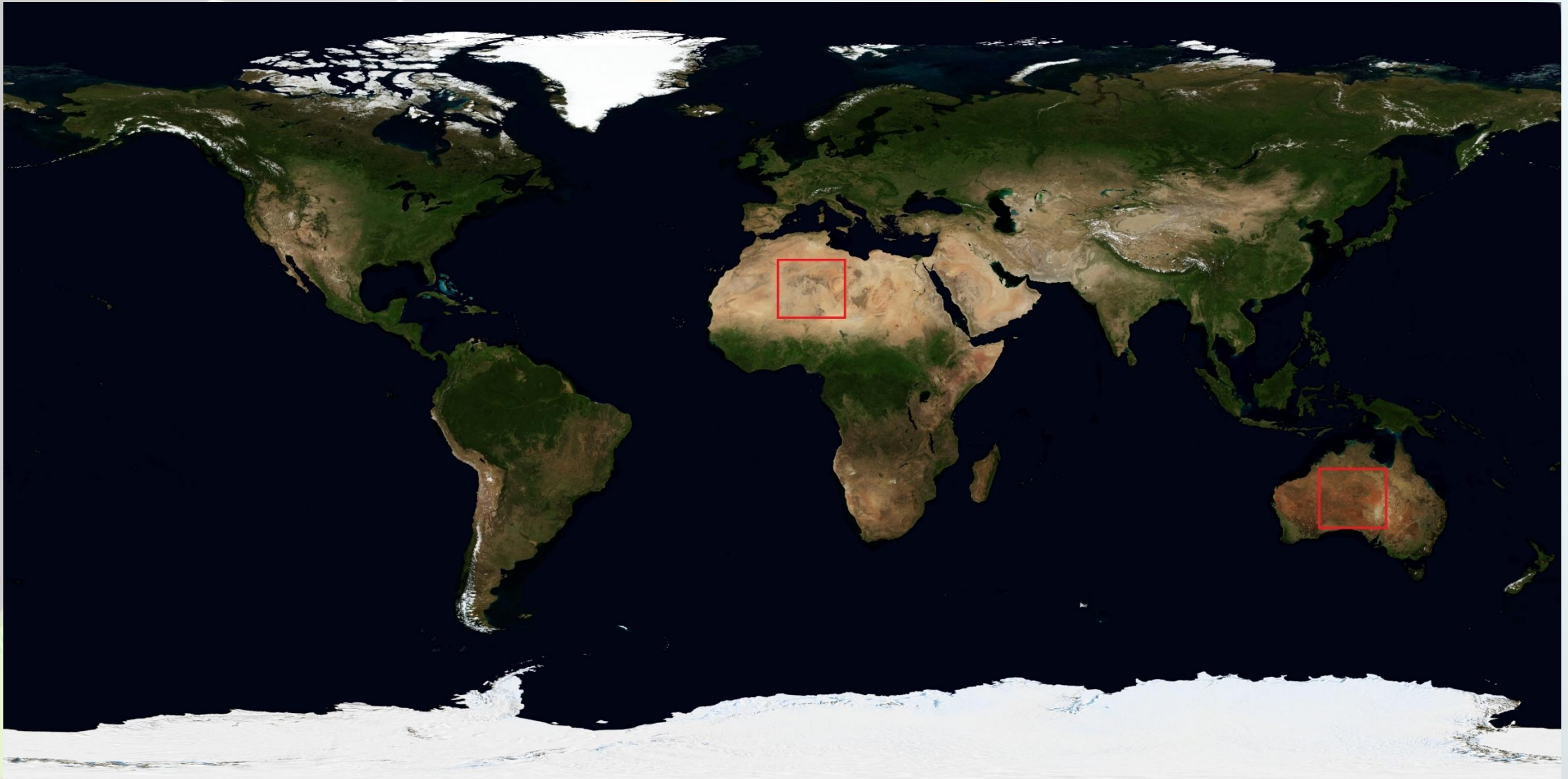


# Предыдущие результаты оценки погрешности для выброса от пожаров



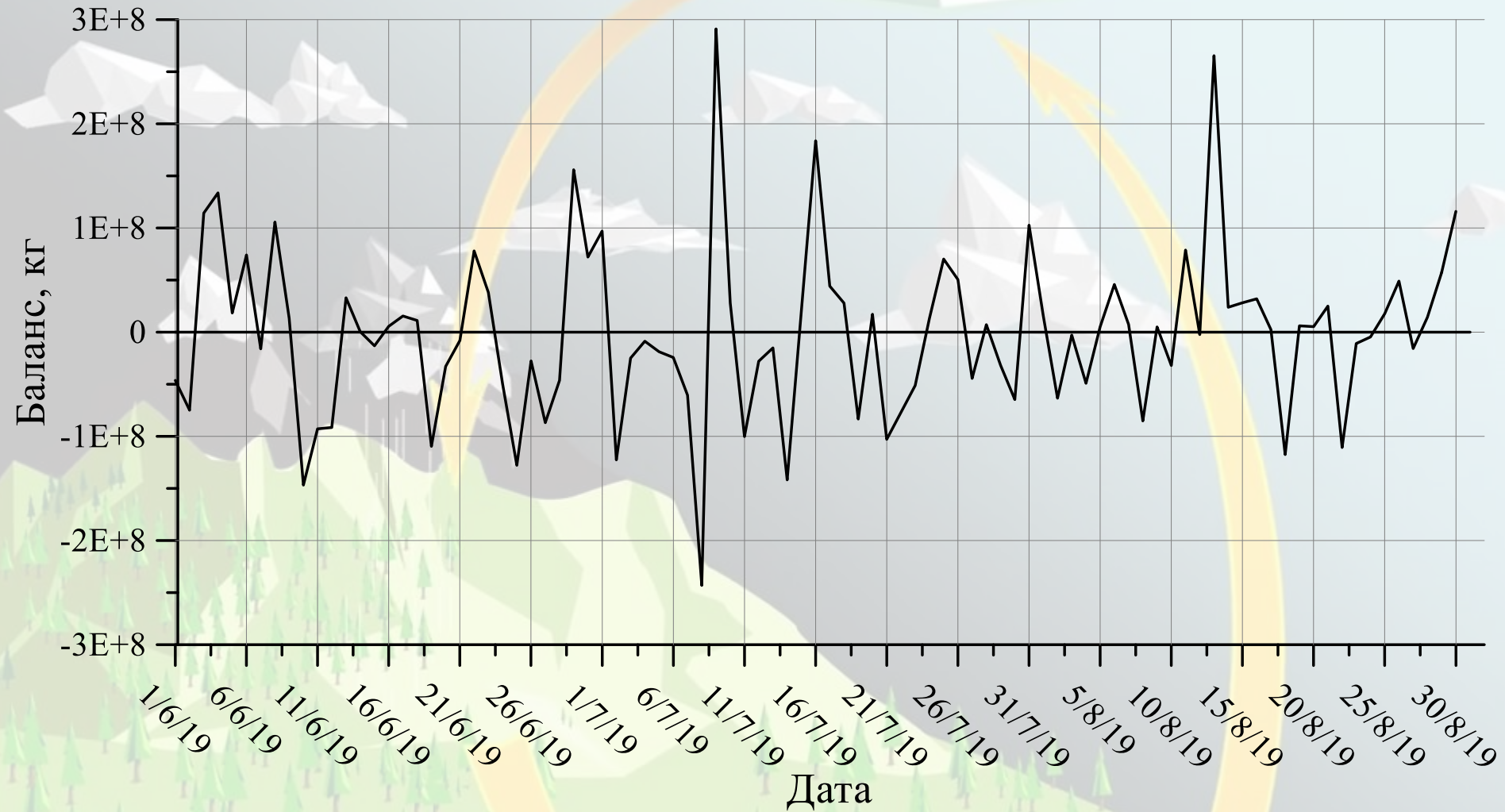
Один и тот же выброс от пожара восстанавливался по немного смещённым областям и потом оценивалось СКО/среднему восстановленного для смещённых областей баланса

# Выбор областей в пустынях Сахара и в центре Австралии для оценки погрешности





# Баланс СО для области в пустыне Сахара

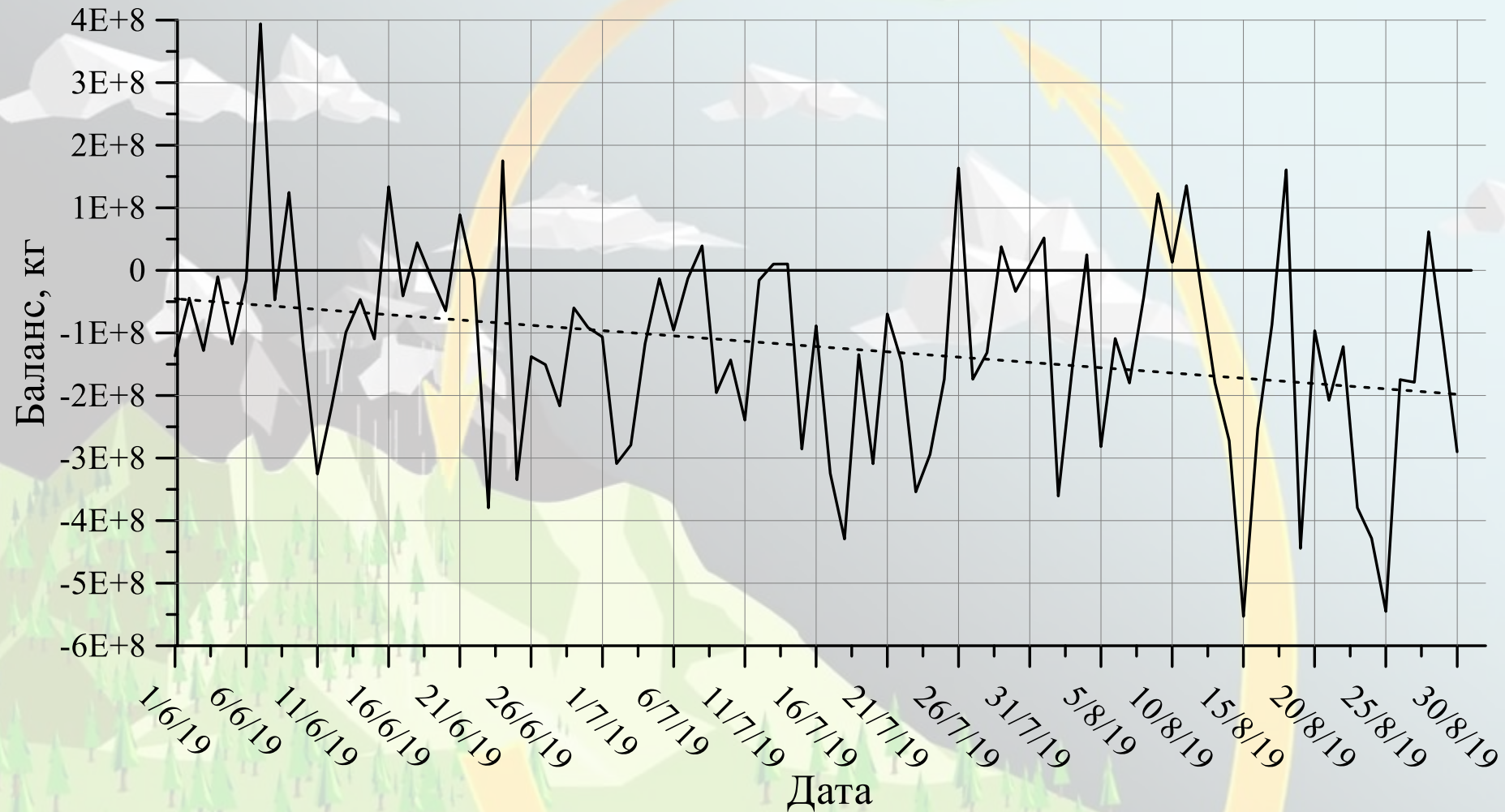


$$\text{СКО} = 8,4 \cdot 10^7 \text{ кг}$$

Относительная погрешность =  $\text{СКО} / \text{среднее содержание газа в области}$  = 10%



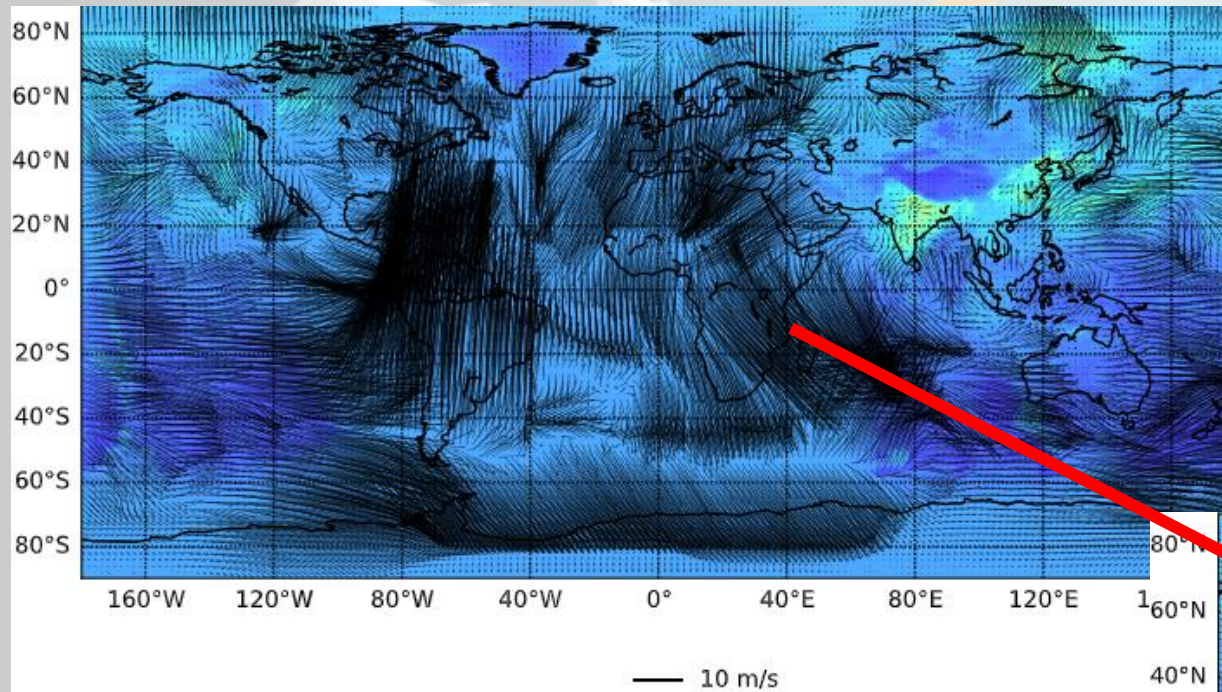
# Баланс СО для области в Австралии



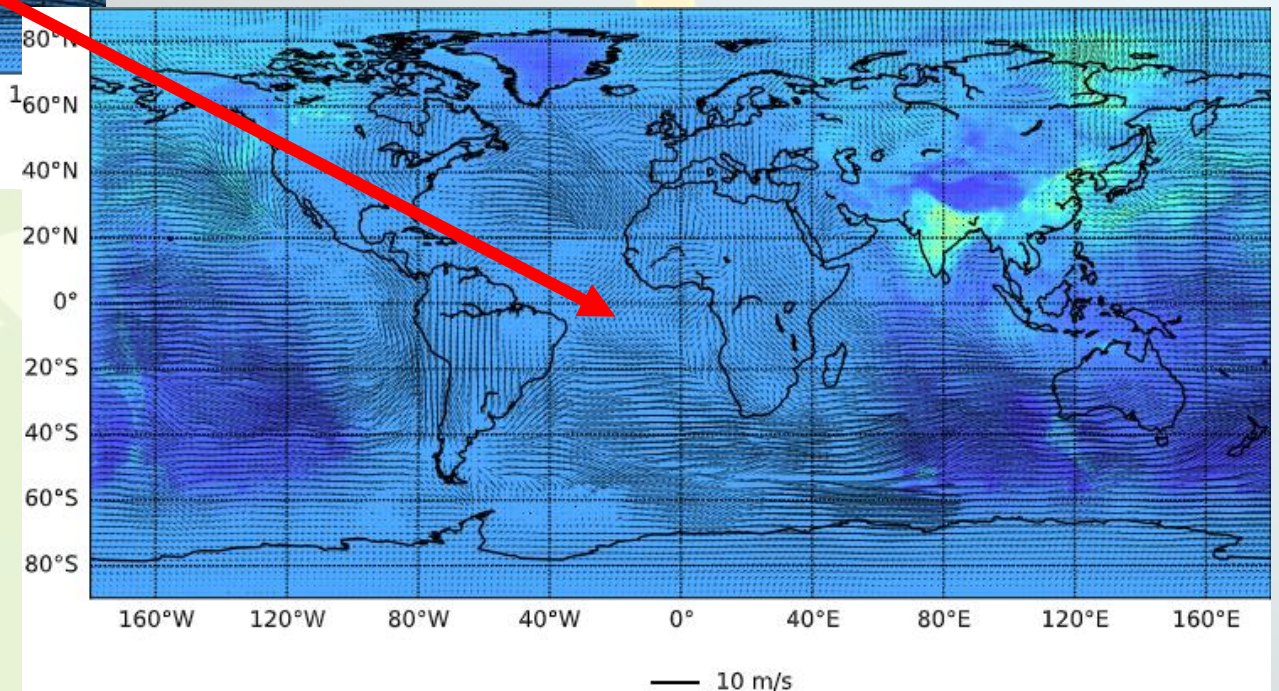
$$\text{СКО} = 1,6 \cdot 10^8 \text{ кг}$$

Относительная погрешность =  $\text{СКО} / \text{среднее содержание газа в области} = 24\%$



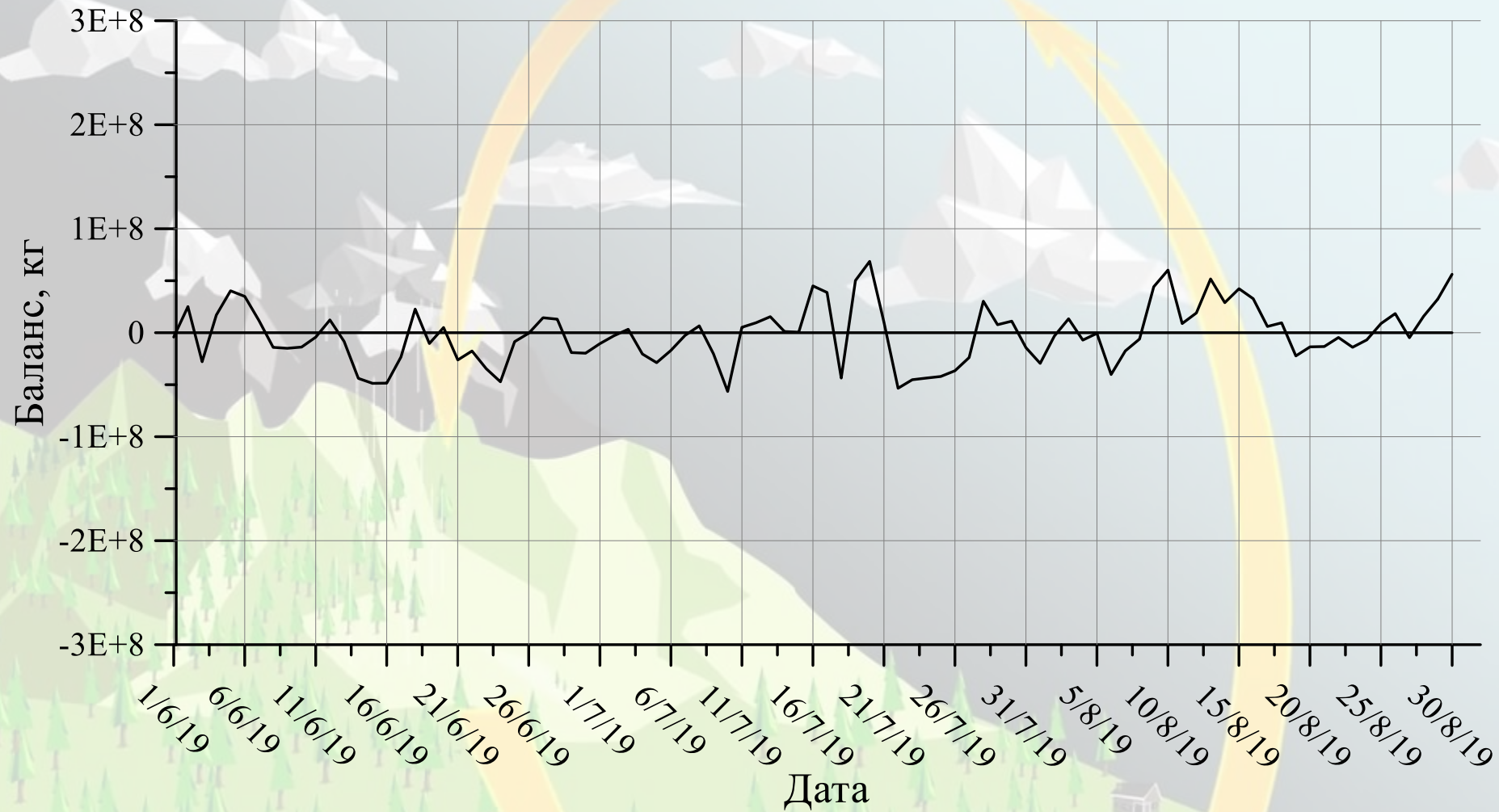


Предположительный источник погрешности – артефакты в векторах адвекции газа. Для их устранения векторы в каждом пикселе усреднены окном с шириной 10 суток



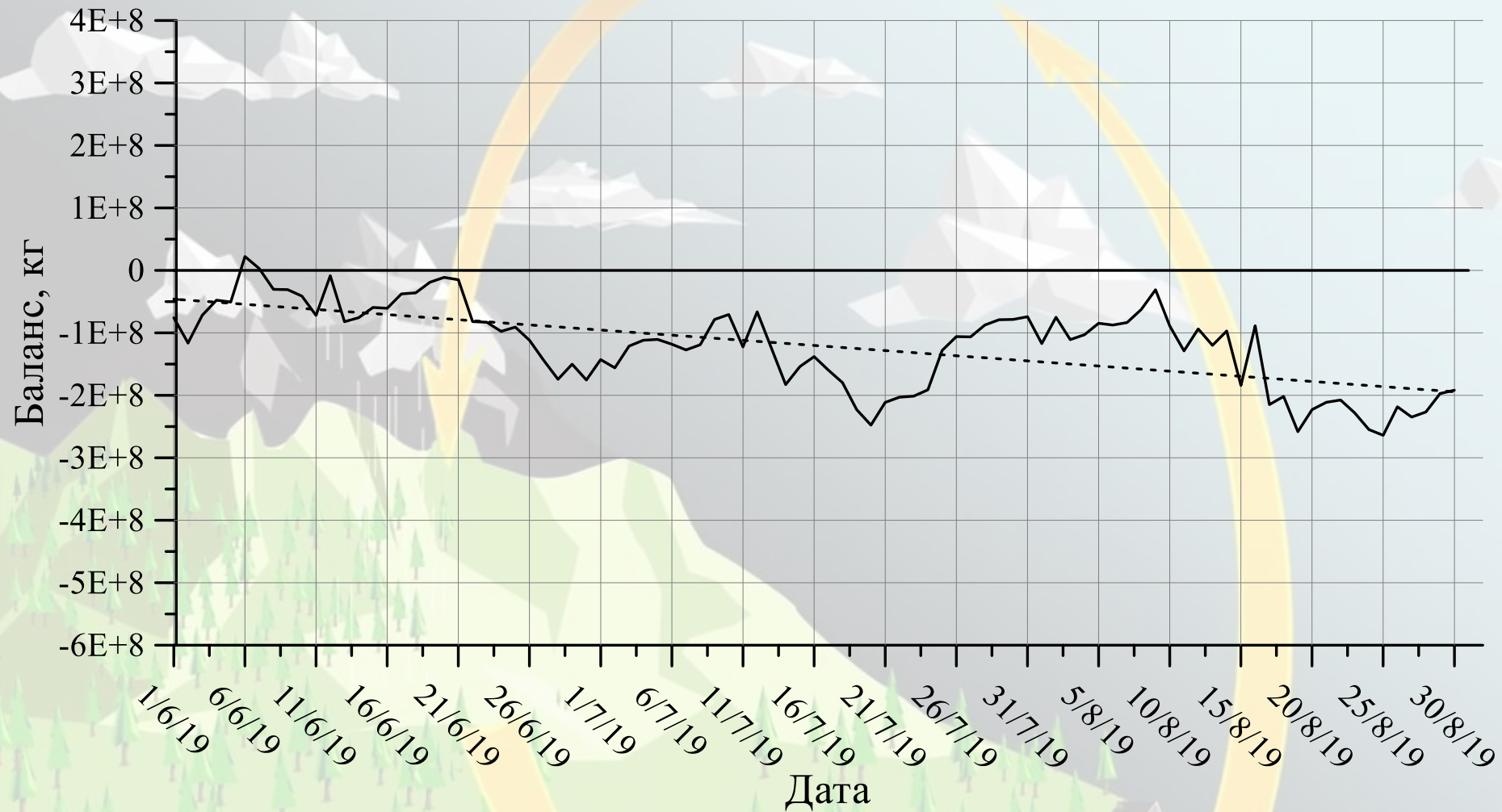


# Баланс CO для области в пустыне Сахара после сглаживания



Относительная погрешность = 4%

# Баланс CO для области в Австралии после сглаживания



Относительная погрешность = 8%



- Была проведена оценка погрешности разработанной методики восстановления баланса парниковых газов по данным ситниковых измерении их концентрации.
- Была оценена шумовая дорожка восстановленного баланса для двух областей в пустыне Сахара и в центре Австралии, где баланс угарного газа предполагается нулевым.
- Оценки показали, что относительная погрешность восстановления для пустыни Сахара составляет 10% и для Австралии – 24%.
- Применение алгоритмов сглаживания горизонтальных потоков газа позволило уменьшить относительную погрешность для пустыни Сахара до 4% и для Австралии до 8%.

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

Спасибо за внимание!