

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

Задачи работы

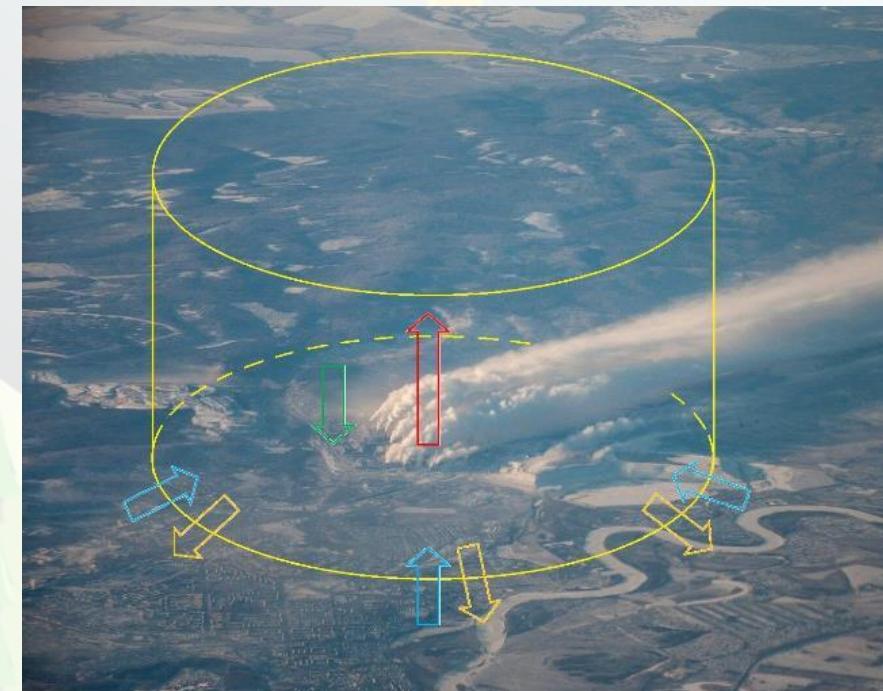
- В молодёжной лаборатории ИКИ РАН разрабатывается методика оценки баланса парниковых газов замкнутая относительно спутниковых измерений их интегрального содержания
- В настоящий момент методика отрабатывается на измерениях интегрального содержания угарного газа прибором TROPOMI, поскольку эти данные имеют хорошее покрытие и есть локализованные долгоживущие мощные источники угарного газа в виде лесных пожаров.
- Ранее была проведена оценка погрешности методики для выброса СО 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 СО 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:

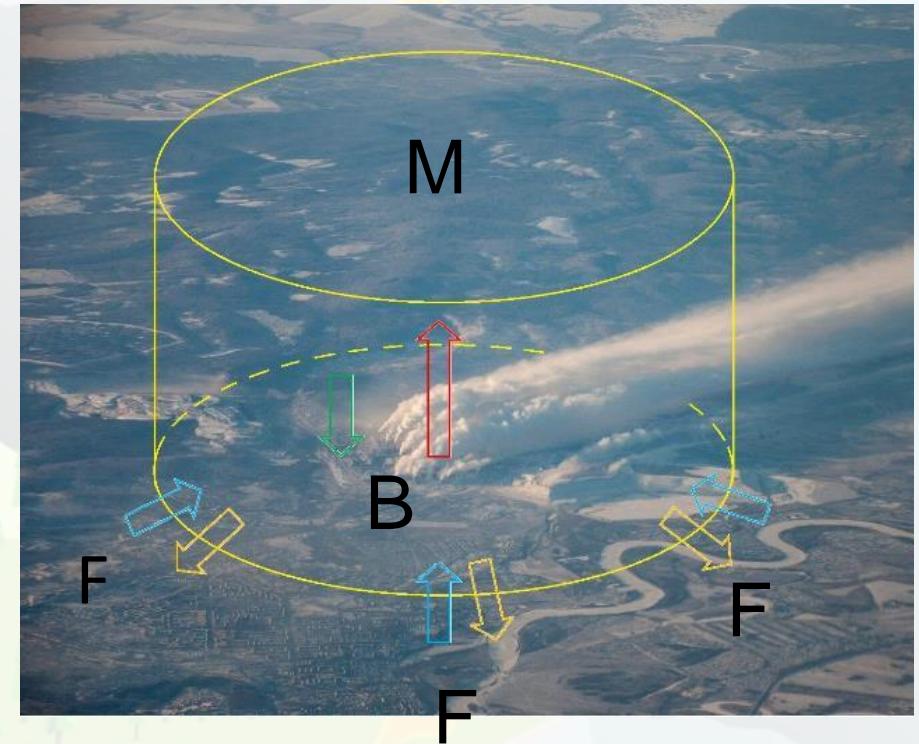
- Влияние химических реакций с участием рассматриваемого ПГ на его концентрацию в атмосфере пренебрежимо мало на выбранном интервале наблюдений.
- В этом случае из закона сохранения вещества следует, что изменение содержания ПГ в замкнутом объеме атмосферы возможно только за счет его притока (оттока)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



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

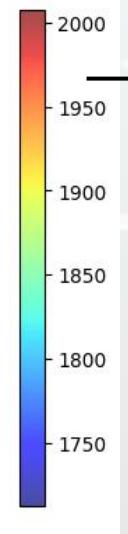
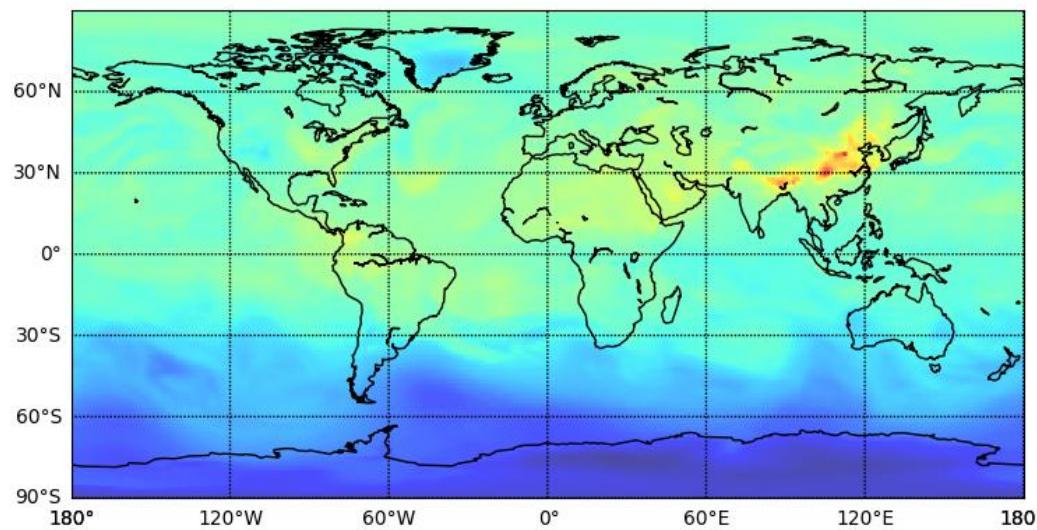
$$\mathbf{F}(x, y) = \int_0^{+\infty} \rho(x, y, z) \mathbf{v}(x, y, z) dz = M(x, y) \mathbf{v}^*(x, y)$$

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

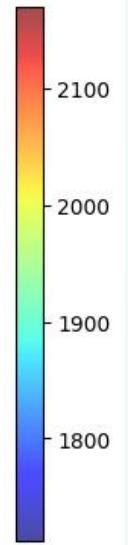
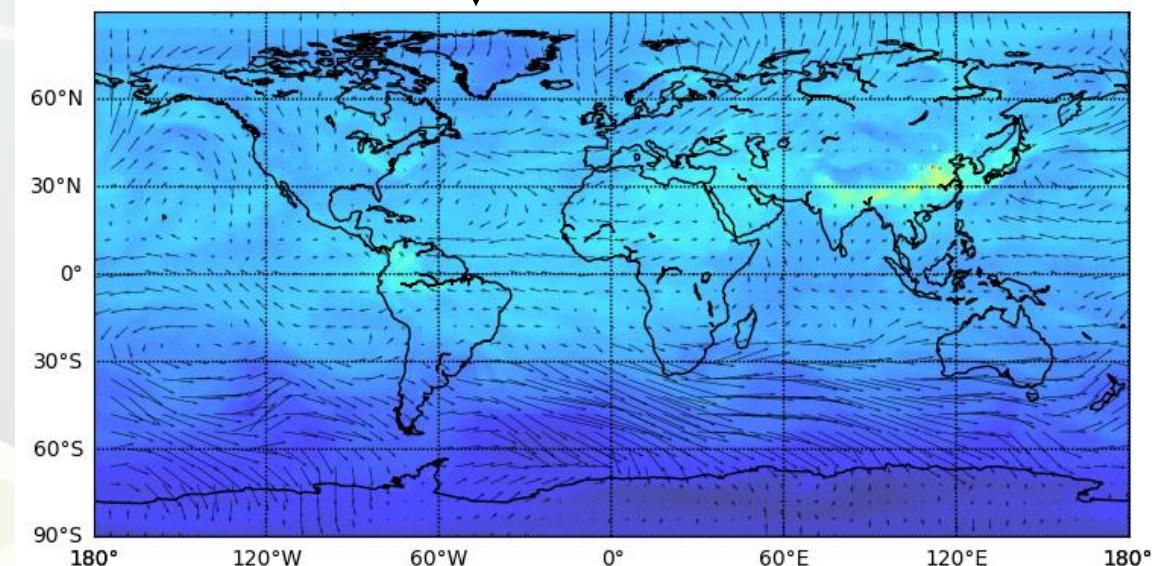


Восстановление горизонтальных потоков парниковых газов

Использование методов технического зрения



Алгоритм оценки оптического потока

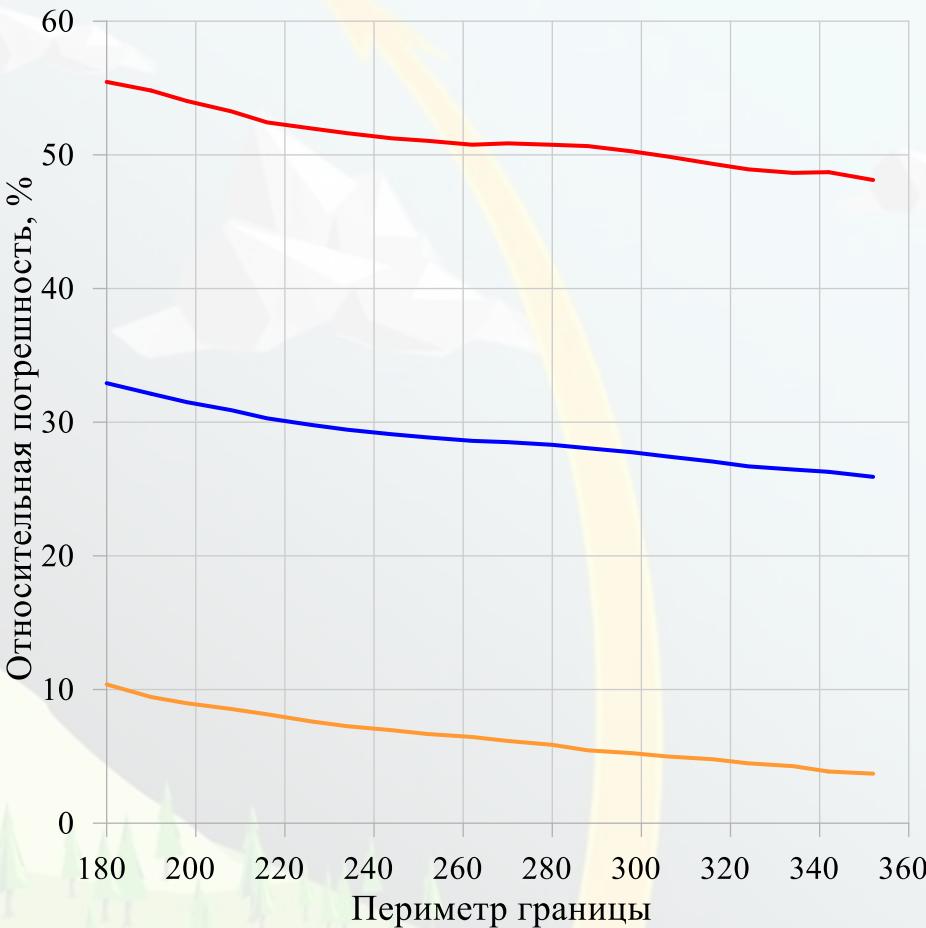
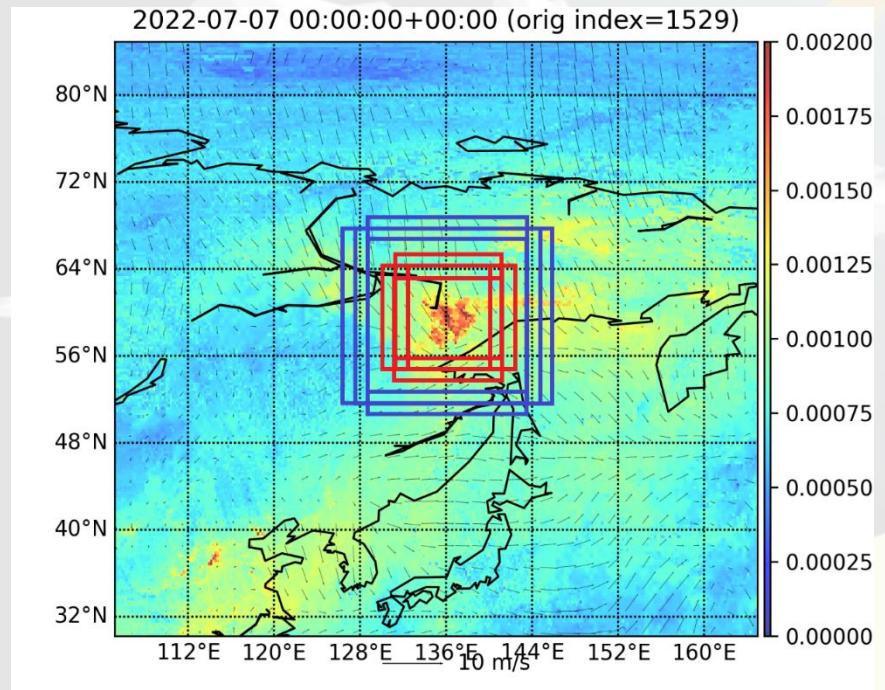


Глобальные поля концентраций парниковых газов на
регулярной сетке, регулярно (посуточно) обновляемые

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

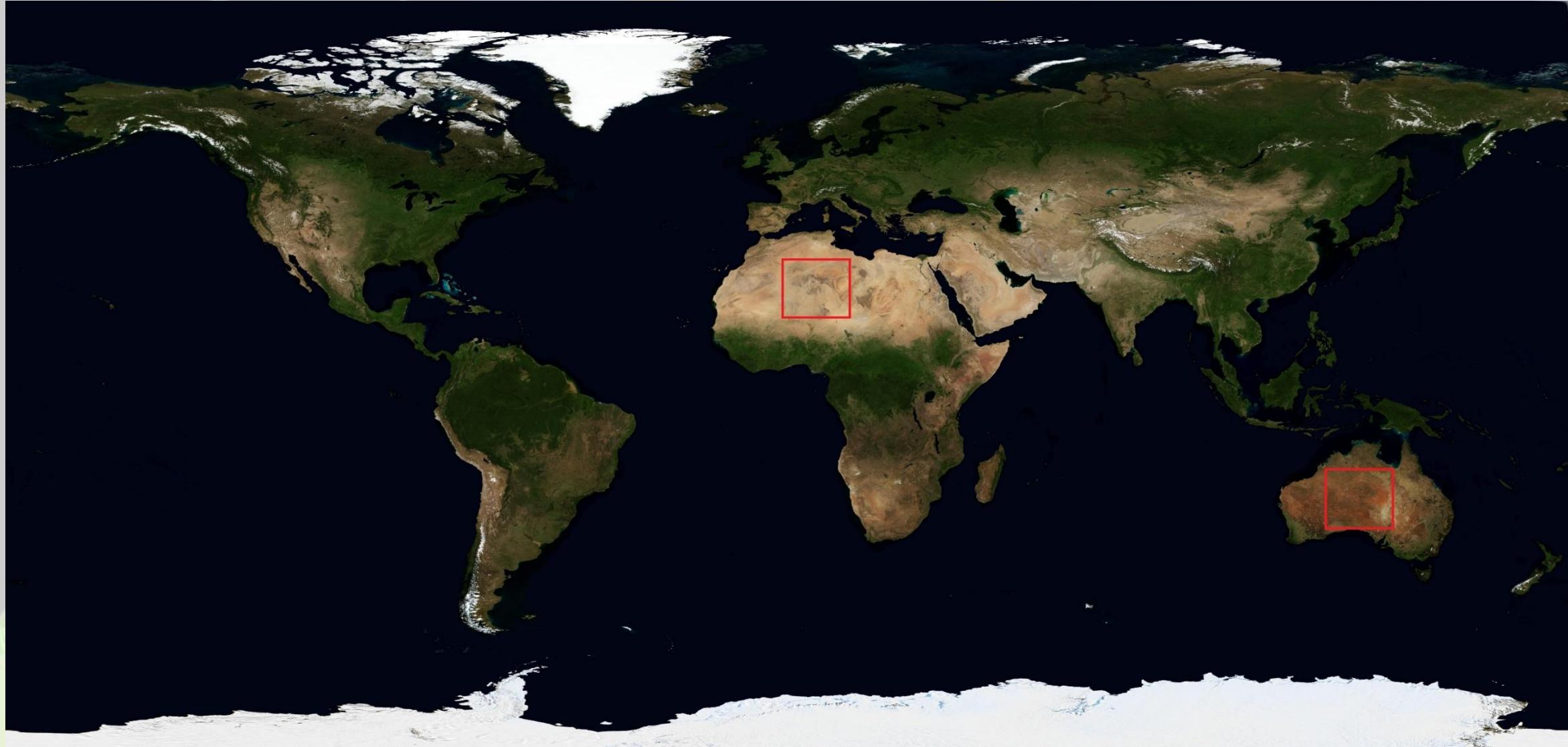
Между двумя соседними по времени спутниковыми изображениями строится поле векторов смещения
всех элементов (пикселей), которое наилучшим образом объясняет наблюдаемые изменения.

Предыдущие результаты оценки погрешности для выброса от пожаров

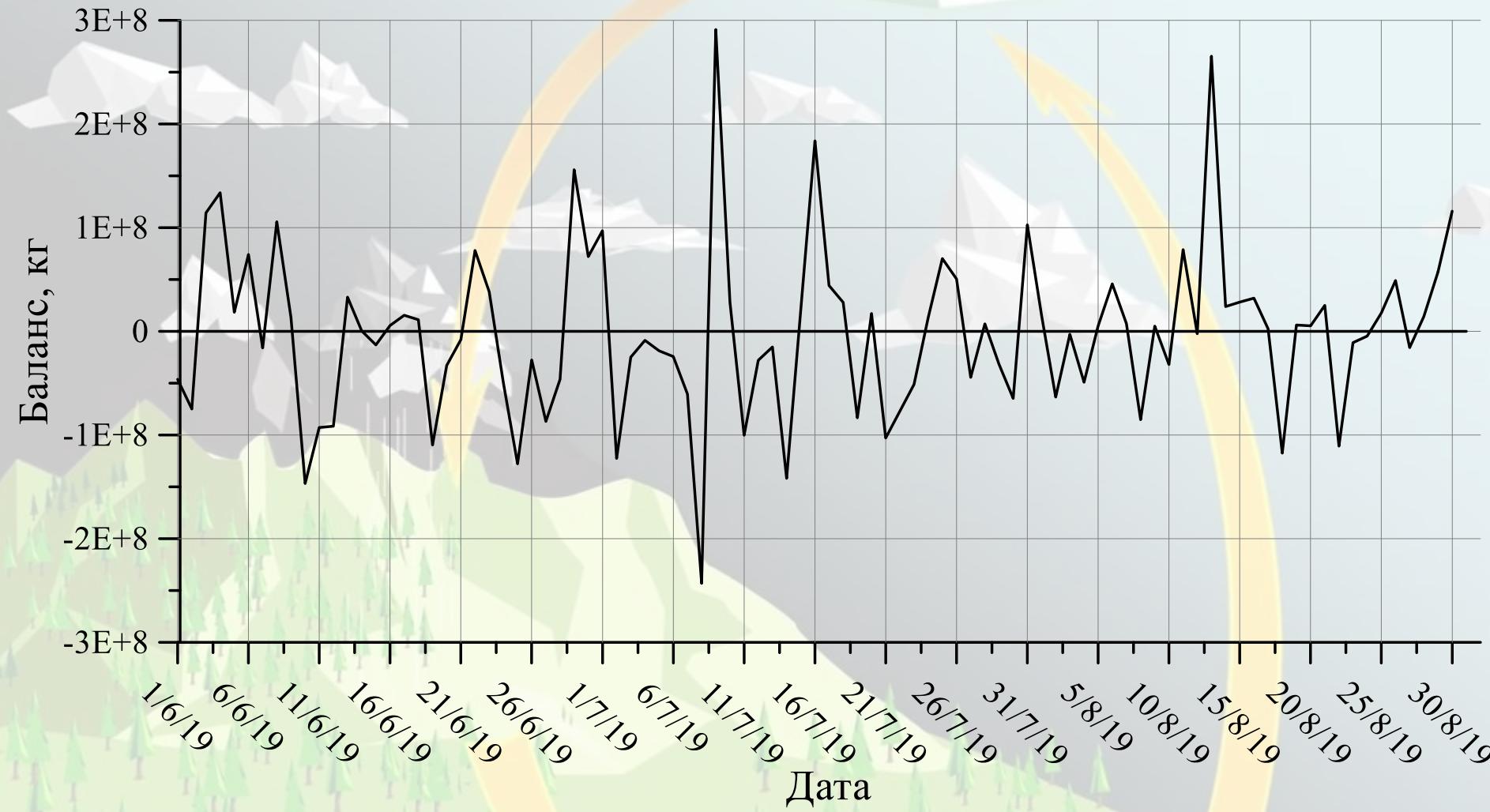


Один и тот же выброс от пожара восстанавливался по немного смещённым областям и потом оценивалось СКО/среднему восстановленного для смещённых областей баланса

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



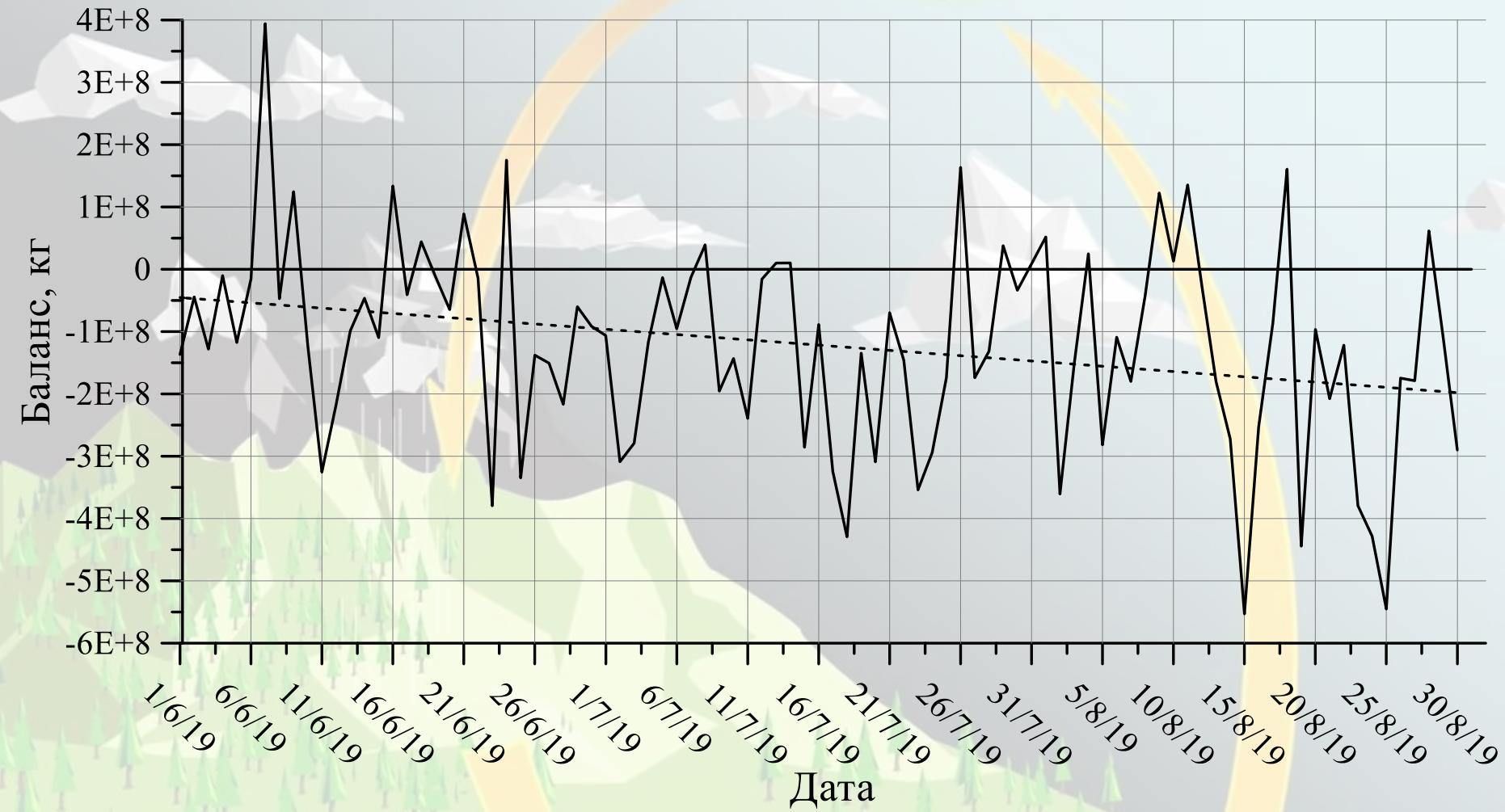
Баланс СО для области в пустыне Сахара



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

Относительная погрешность = СКО/среднее содержание газа в области = 10%

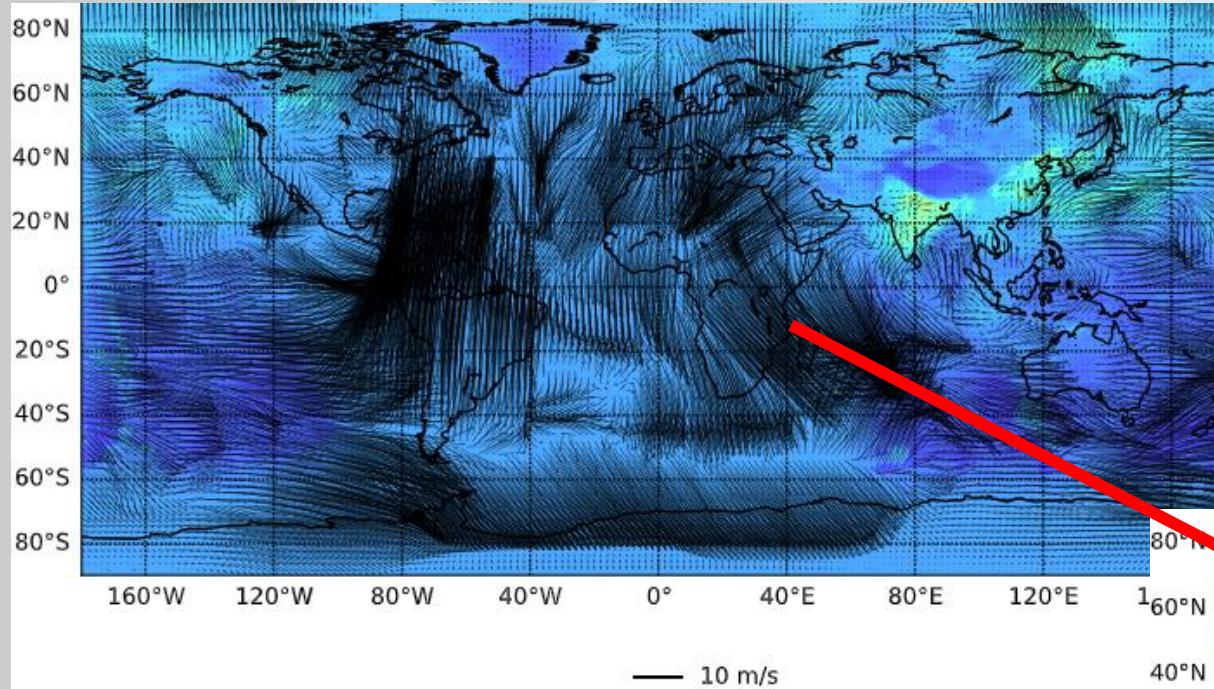
Баланс СО для области в Австралии



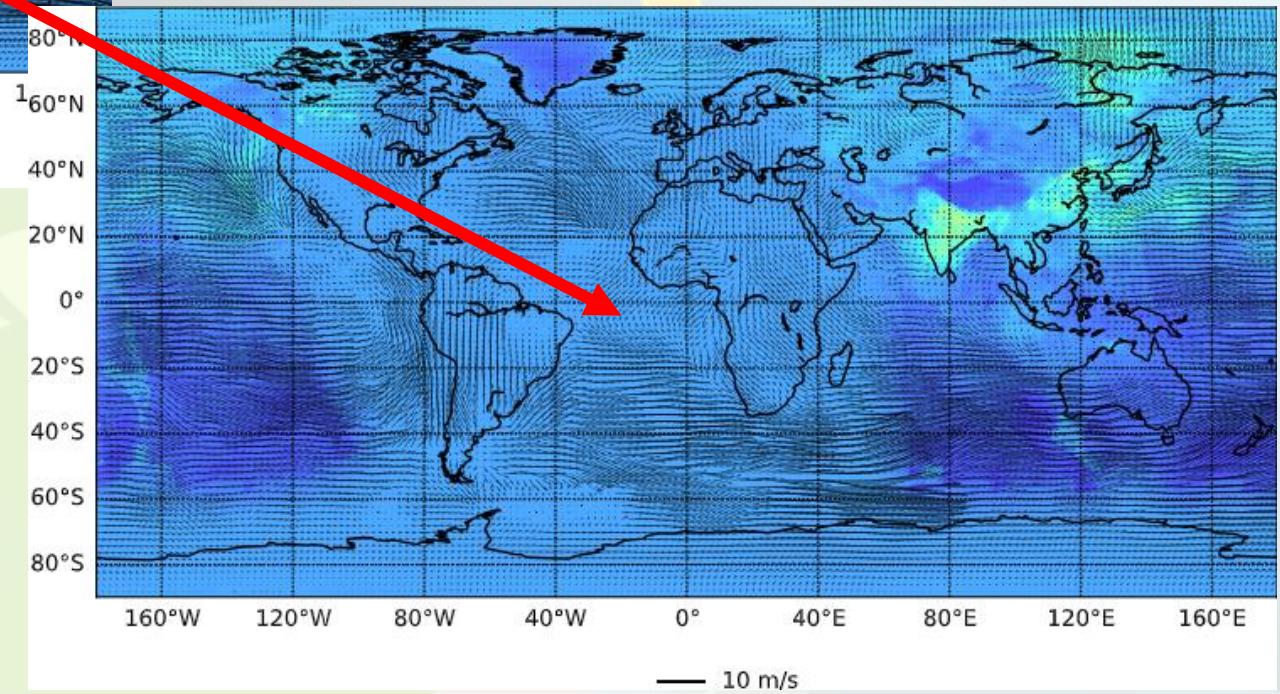
$$\text{СКО} = 1,6 \cdot 10^8 \text{ кг}$$

Относительная погрешность = СКО / среднее содержание газа в области = 24%

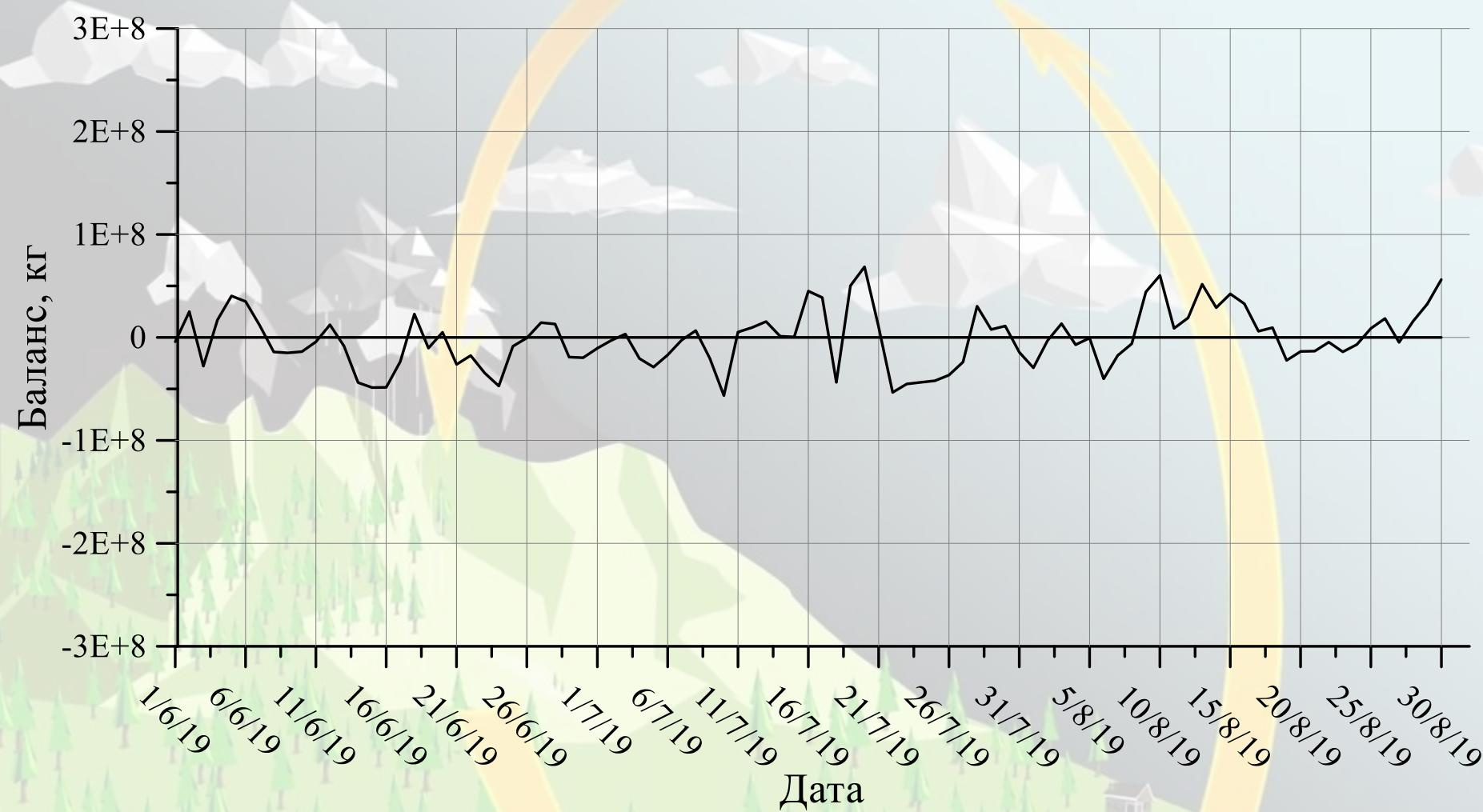
Сглаживание векторов адвекции газа



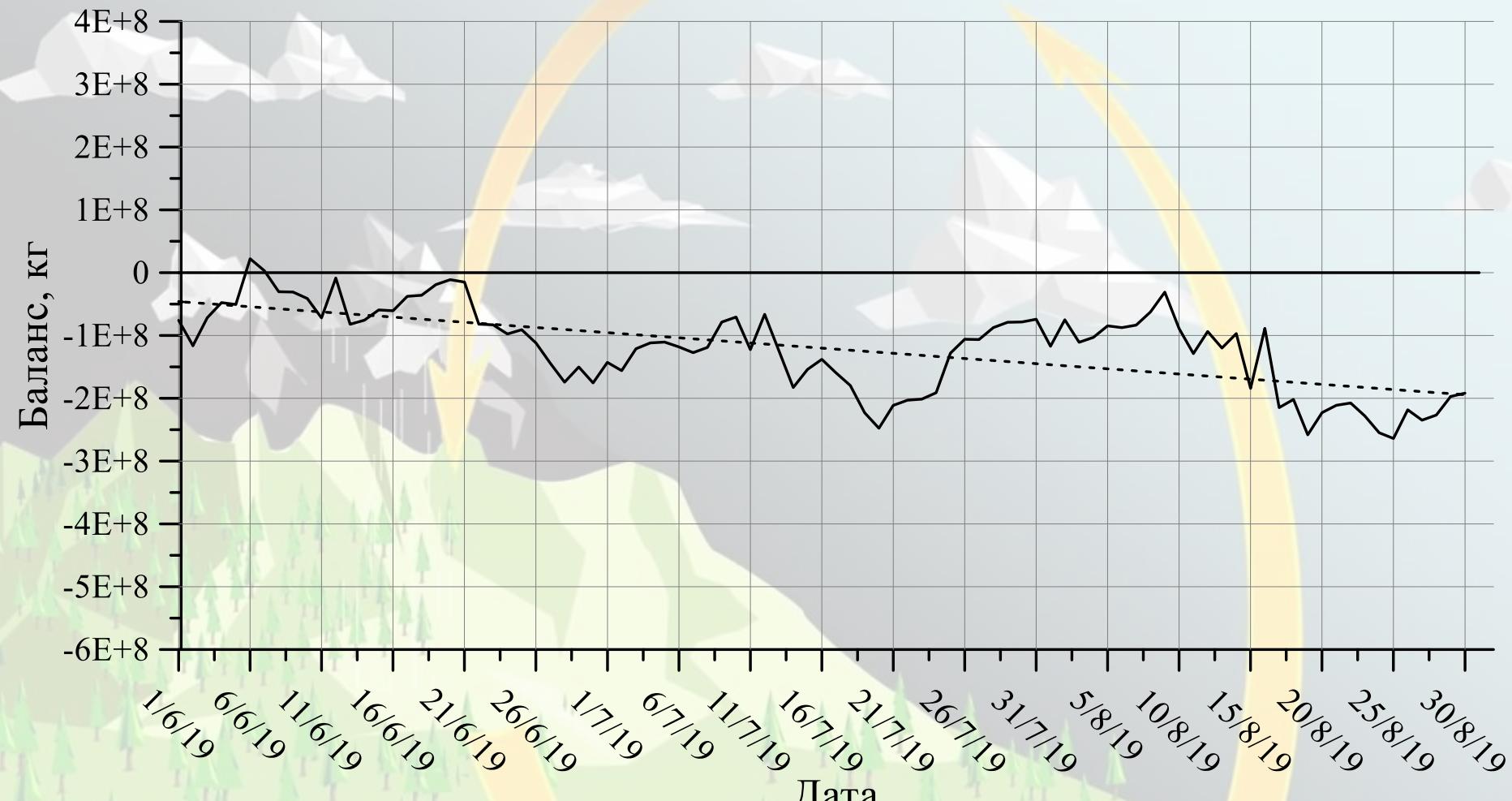
Предположительный источник погрешности – артефакты в векторах адвекции газа. Для их устранения векторы в каждом пикселе усреднены окном с шириной 10 суток



Баланс СО для области в пустыне Сахара после сглаживания



Баланс СО для области в Австралии после сглаживания



Относительная погрешность = 8%

- Была проведена оценка погрешности разработанной методики восстановления баланса парниковых газов по данным ситниковых измерений 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!