ЛАБОРАТОРИЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ОЗОНОВОГО СЛОЯ
И ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

Санкт-Петербургский
государственный
университет

Анализ пространственной и временной изменчивости вертикальных профилей атмосферного озона на основе измерений с борта спутников серии “Метеор-М” №2

С.В. Акишина, А.В. Поляков, Я.А. Виролайнен

Санкт-Петербургский государственный университет, СПбГУ

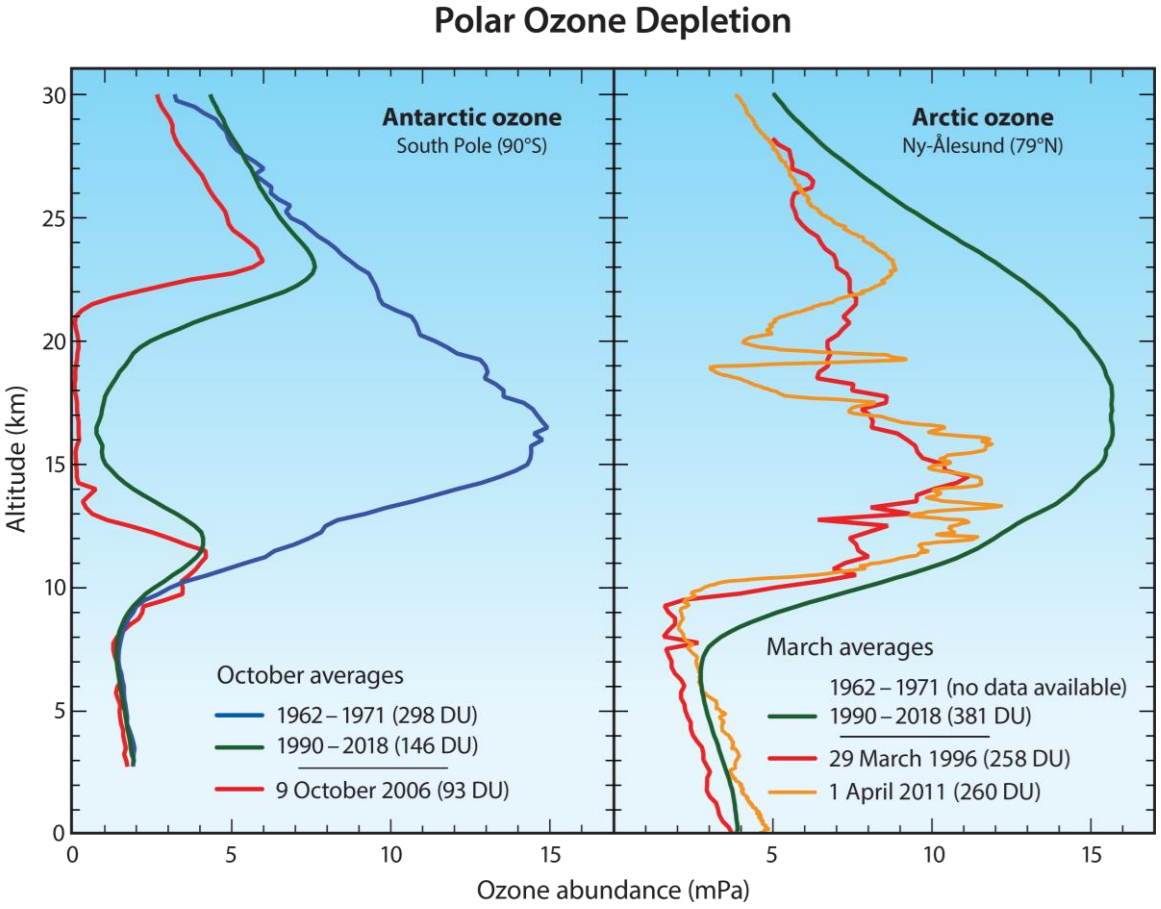
s.akishina@spbu.ru

Двадцать четвертая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

Секция D Дистанционные методы исследования атмосферных и климатических процессов

Введение. Озон в атмосфере Земли

- Играет климатообразующую роль
- Образует озоновый слой, защищая биосферу от опасного УФ излучения
- Влияет на качество воздуха в тропосфере
- Позволяет изучать атмосферную динамику



Вертикальное распределение озона в Южном и Северном полушарии. Данные измерений озонозондирования

Данные и метод

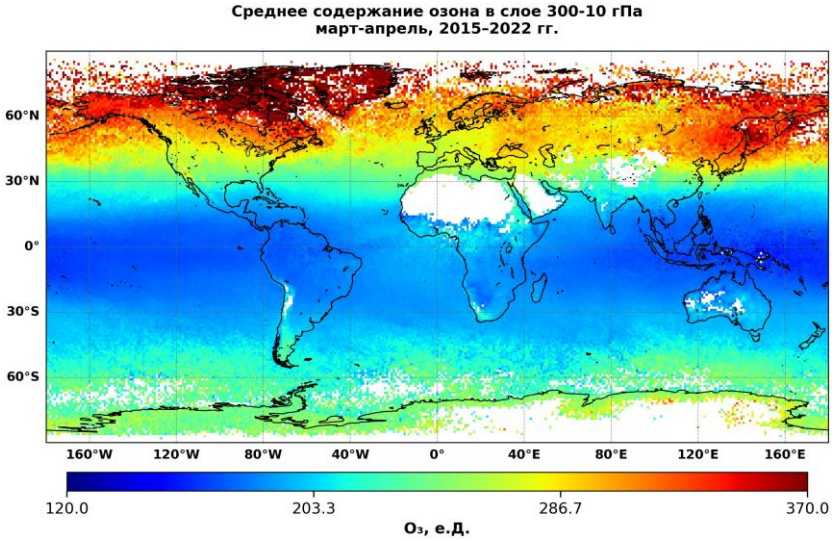
- **Данные:** спектры уходящего теплового ИК излучения ИКФС-2 с борта спутников серии «Метеор-М» №2
- **Период:** 2015-2022, 2024-2026 гг.
- **Метод:** физико-математический подход на основе метода статистической регуляризации, комплексная обратная задача, решение в пространстве главных компонент
- **Детали алгоритма**:

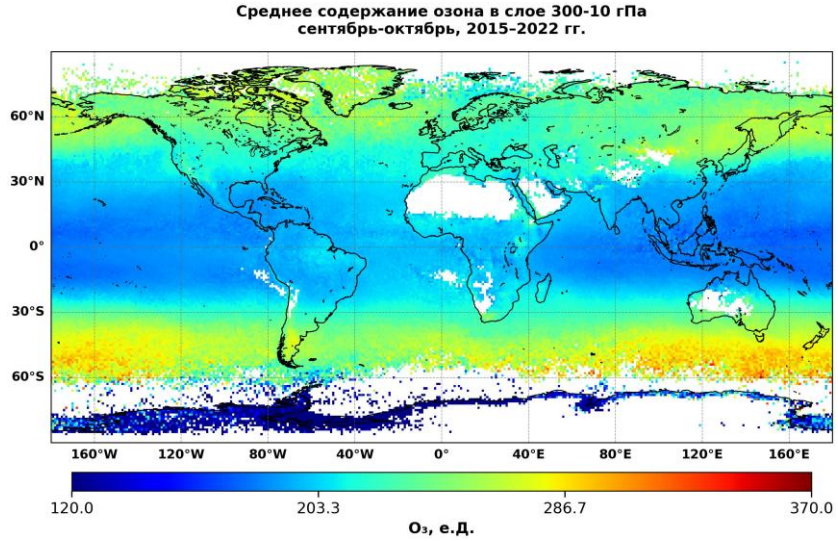
Решение прямой задачи	RTTOV v13.2
Начальное приближение Q(z), T(z), Ts, O_3(z)	Метод ИНС
Начальное приближение ИСП (E)	База данных CAMEL (single-year)
Профили Q(z), T(z), Ts, O_3(z)	Метод статистической регуляризации
ИСП (E)	Метод статистической регуляризации
Спектральные каналы (O_3)	1005–1054 $см^{-1}$, исключая каналы с интенсивными линиями водяного пара и интервал 1038–1042.5 $см^{-1}$
Априорная информация (O_3)	Данные озонозондирования за 2015–2022 гг. (профили с измерениями от 1000 до 6 гПа)
Приземное давление	NCEP GFS
Порядок восстановления	E, Q(z), T(z), Ts, Q(z), E, Ts, T(z), Q(z), E, Ts, Q(z), E, Ts, T(z), Q(z), E, Ts, O_3(z)

Результаты. Архив вертикальных профилей озона

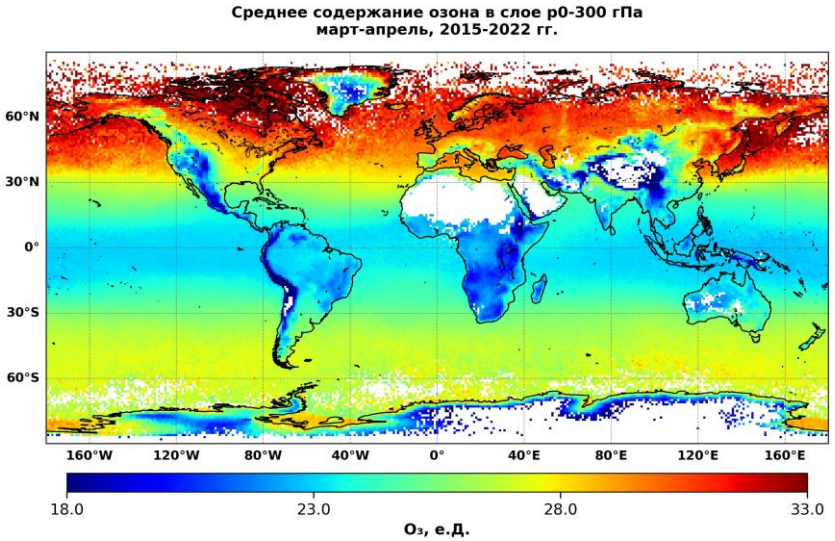
- Получен архив данных о вертикальном распределении озона за 2015-2022 гг. и 2024-2026 гг.
- Измерения с невязкой* (по всем восстанавливаемым параметрам) более 2.0 не рассматривались
- Данные осреднены на пространственную сетку 1° × 1°

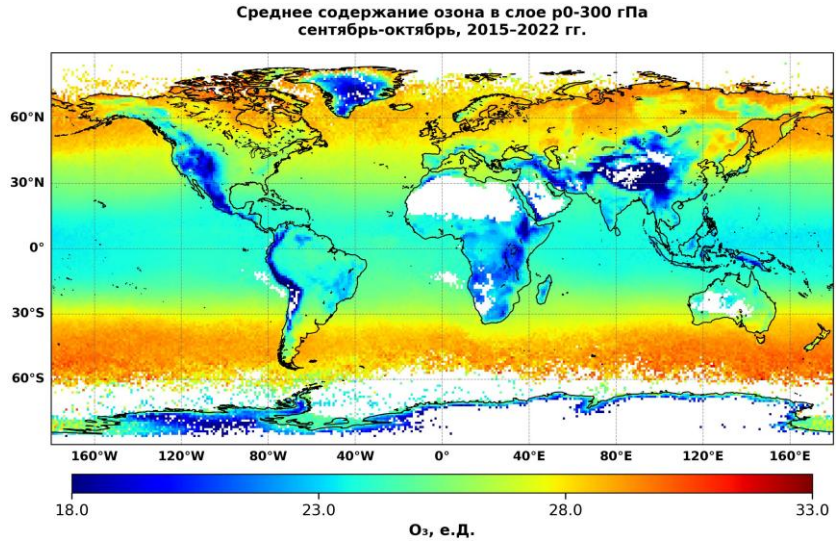
Среднее содержание озона за март-апрель / сентябрь-октябрь 2015-2022 гг. в двух слоях:





от 300 гПа до 10 гПа – <u>стратосферный озон</u>

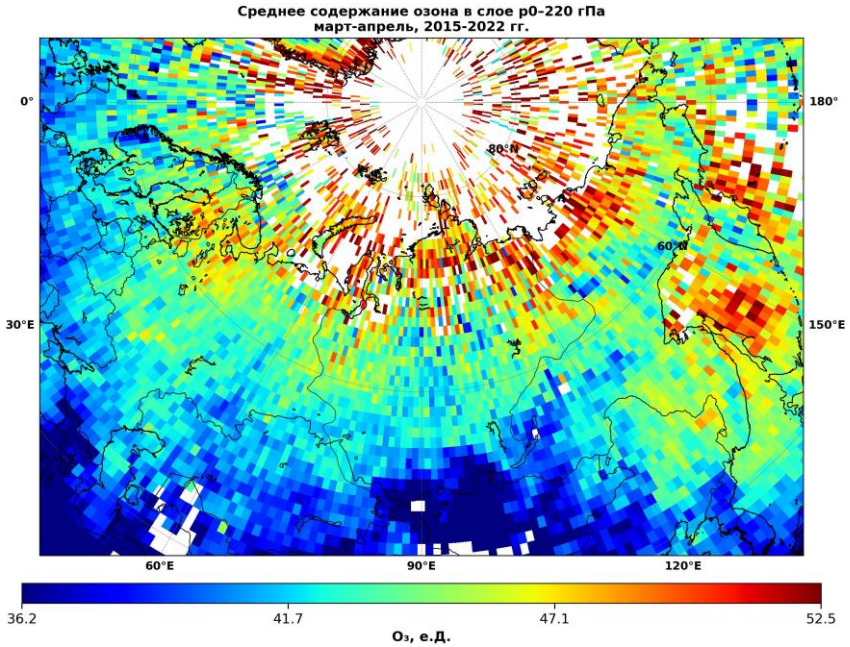




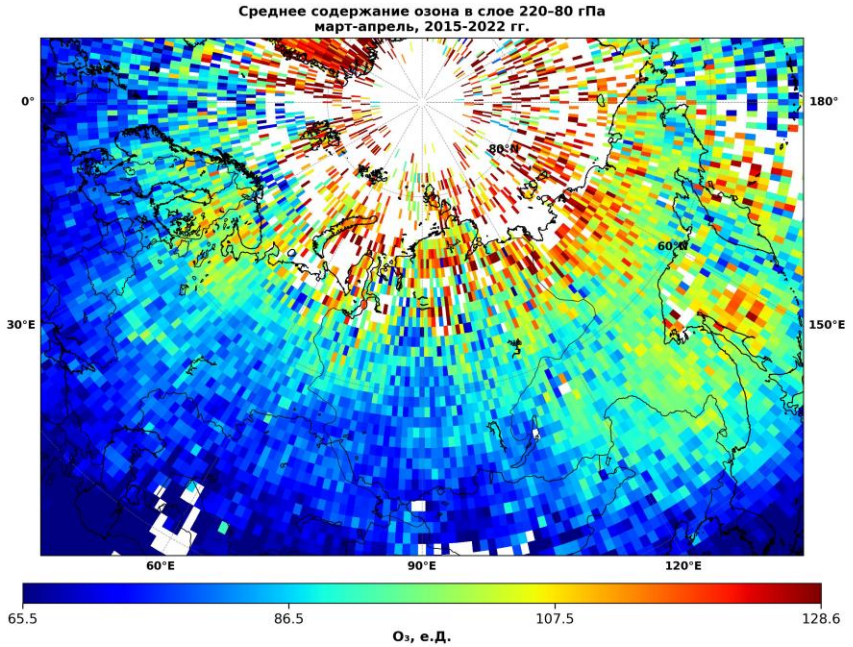
от поверхности до 300 гПа – <u>тропосферный озон</u>

$$*\Delta r_{O3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{O3}} \left(\frac{\tilde{y}_i - y_i}{NESR_i}\right)^2}{n_{O3}}}$$

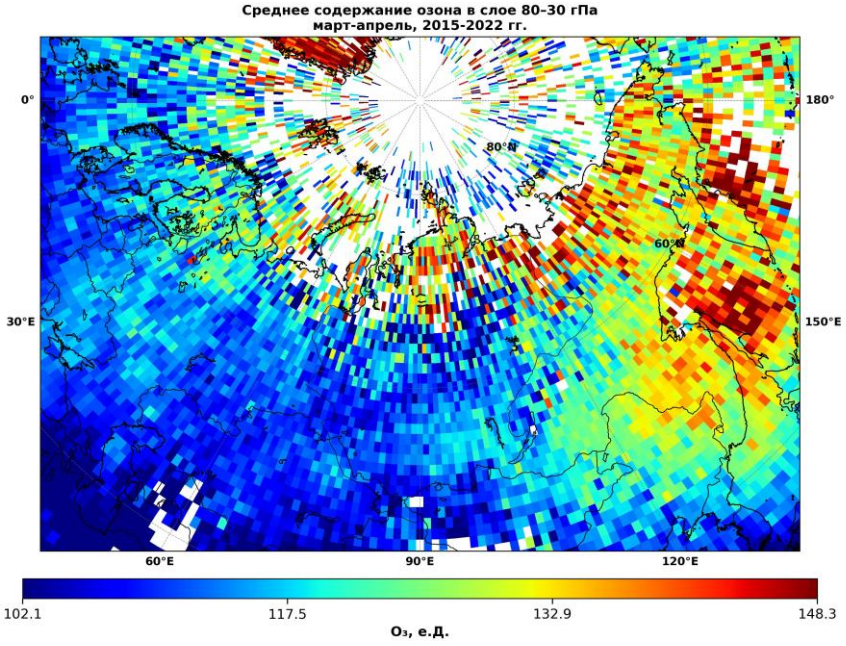
Результаты. Изменчивость содержания озона над территорией России (март-апрель 2015-2022 гг.)



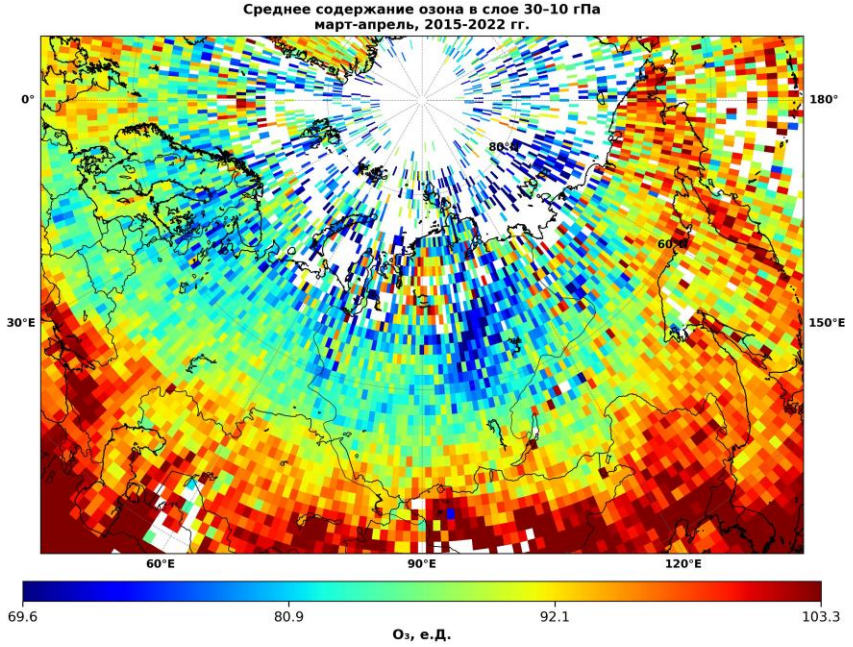
поверхность –220 гПа (0–11 км)



220–80 гПа (11–18 км)



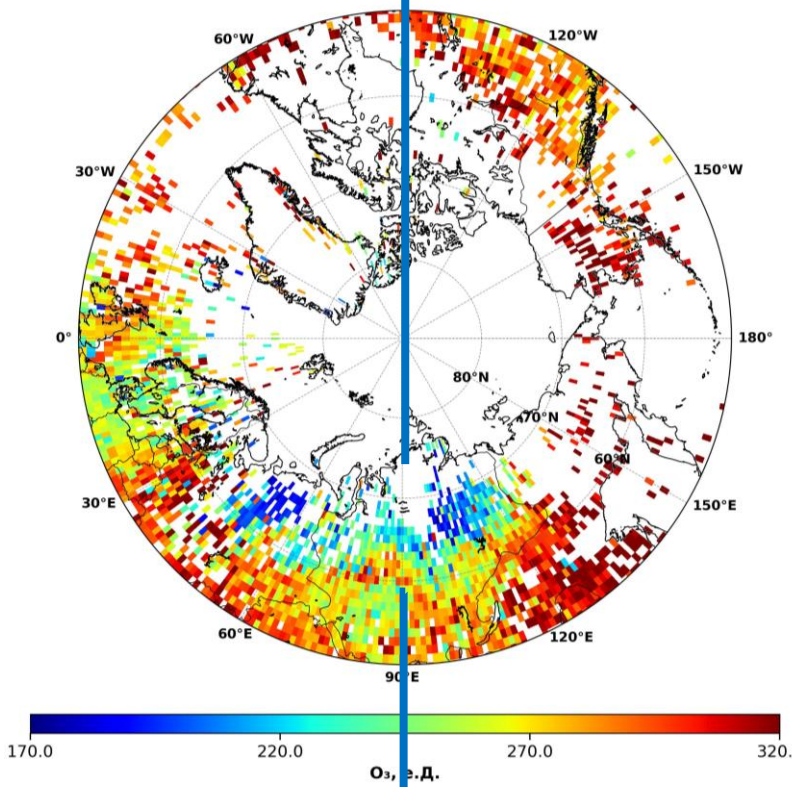
80–30 гПа (18–24 км)



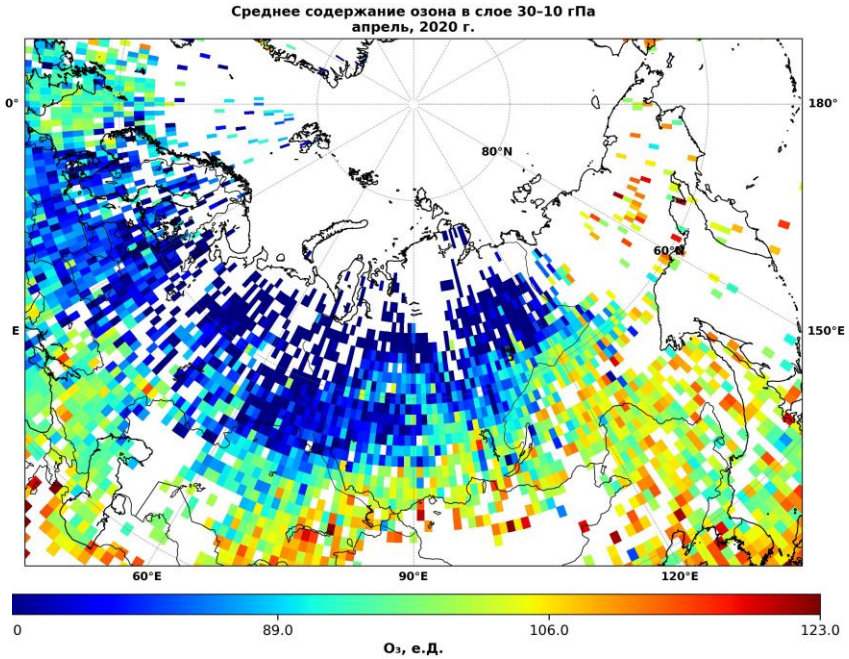
30–10 гПа (24–31 км)

Результаты. Аномалии содержания озона над территорией России в апреле 2020 года

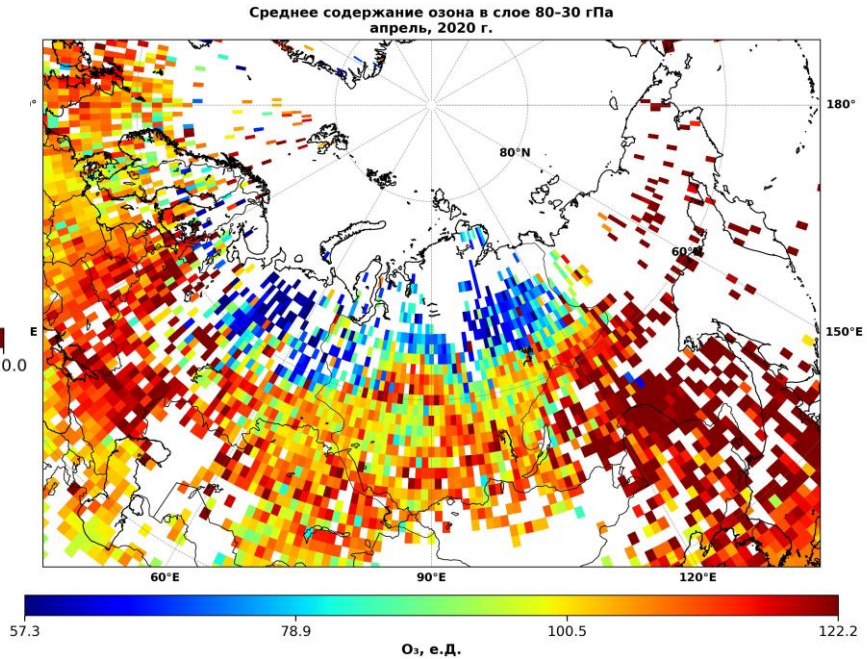
Среднее содержание озона в слое **300-10 гПа:**



30-10 гПа

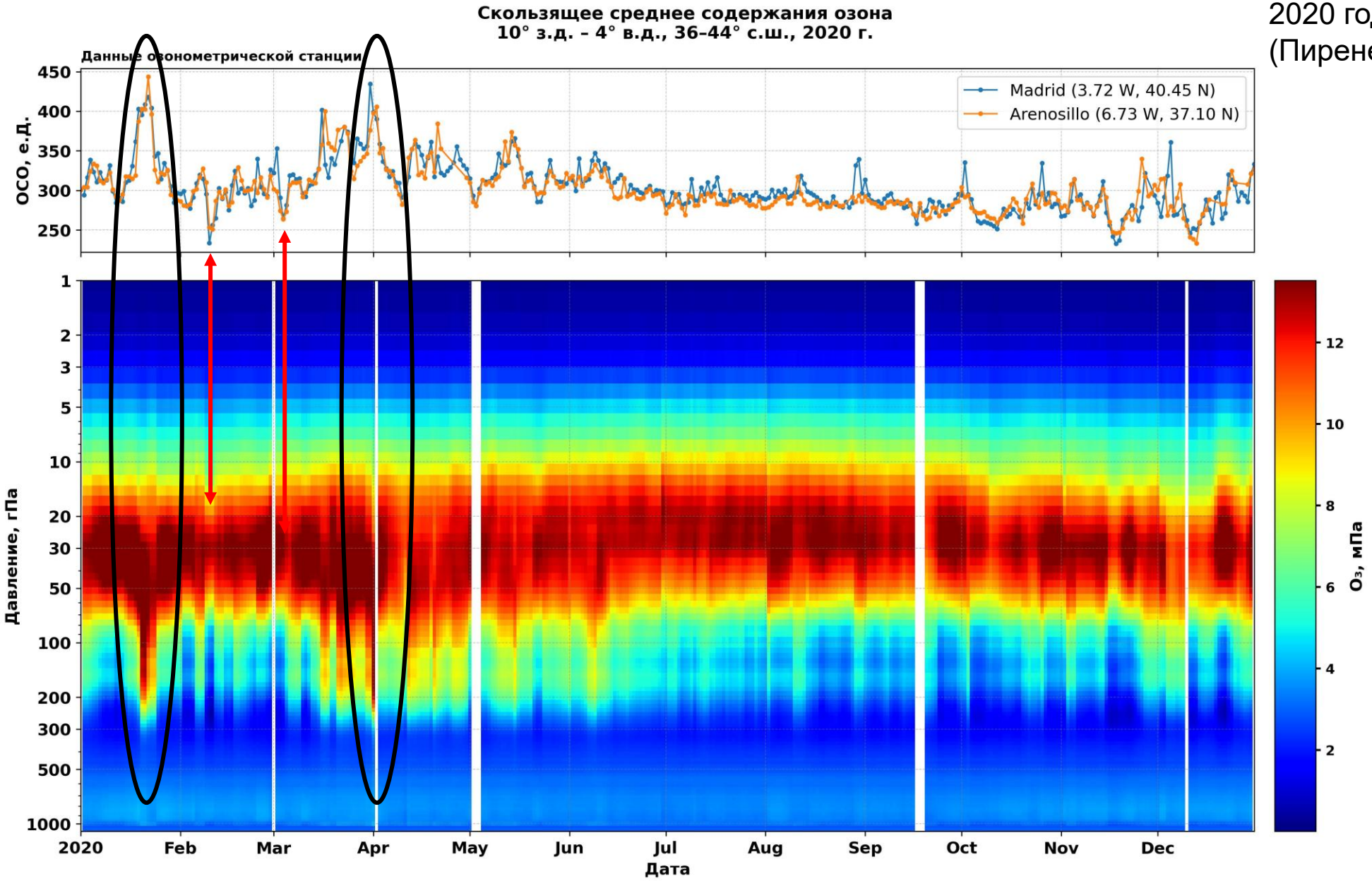


80-30 гПа



в широтном поясе 60–70° в области от 40° до 120° в.д. наблюдается **пониженное содержание озона** в слое 80–30 гПа

Результаты. Динамика вертикальной структуры озона



Центрированное трехсуточное скользящее среднее

2020 год. Над территорией Испании (Пиренейский полуостров)

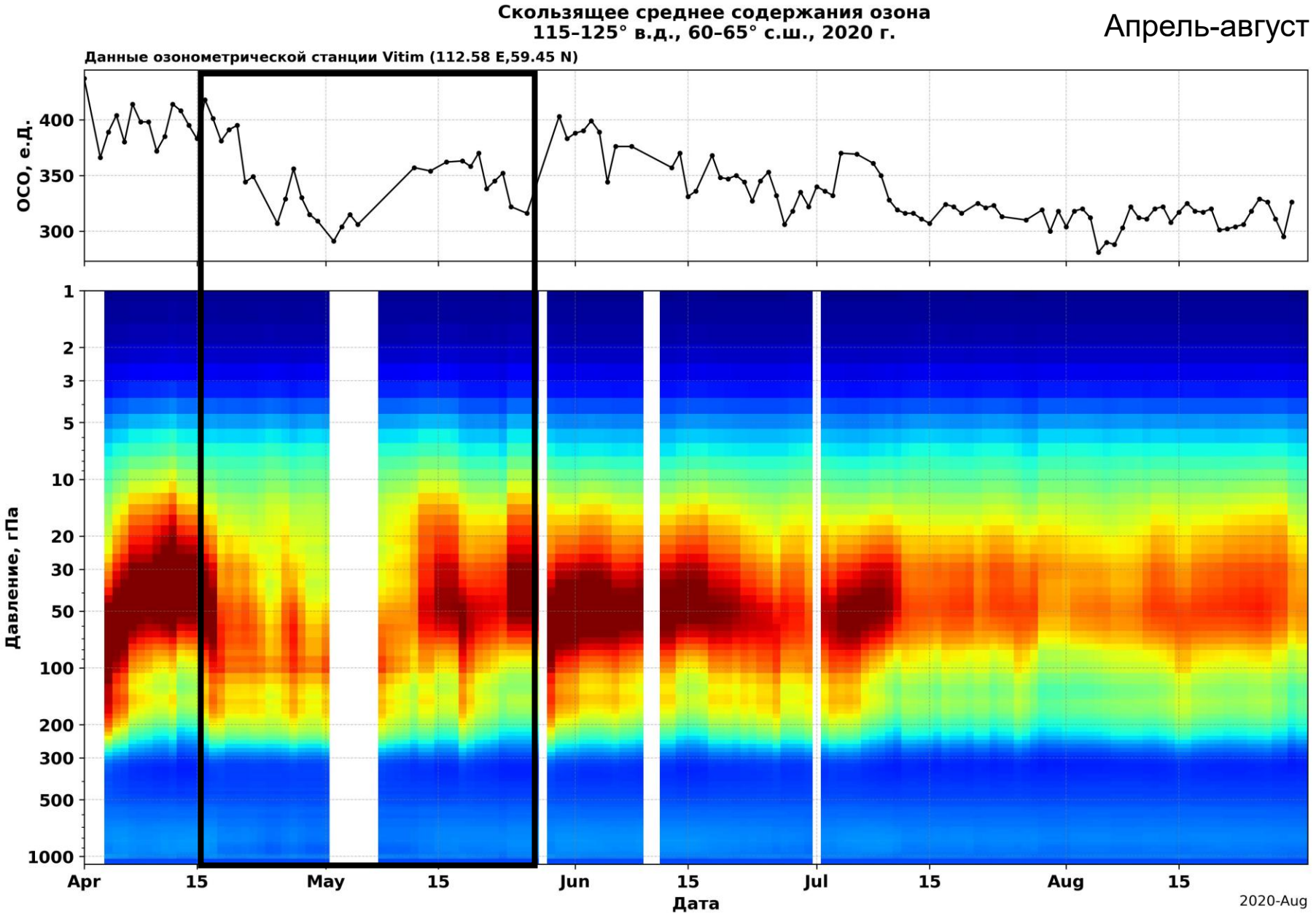
ОСО по данным озонометрических станций

Вертикальное распределение озона по данным ИКФС-2

- **максимумы ОСО** согласуются с растяжением и смещением вниз озонового максимума
- минимумы ОСО соответствуют областям сужения озонового максимума

Результаты. Динамика вертикальной структуры озона

Апрель-август 2020 года. Над территорией России



ОСО по данным озонометрической станции

Вертикальное распределение озона по данным ИКФС-2

С середины апреля и до конца мая:

- максимум содержания озона опустился
- содержание озона уменьшилось

Центрированное трехсуточное скользящее среднее

Заключение

- **Получен многолетний архив вертикальных профилей содержания озона в атмосфере Земли за 2015–2022, 2024–2026 гг. на основе измерений уходящего теплового излучения ИКФС-2 с борта КА «Метеор-М» № 2.**

- Получены карты среднего содержания озона глобально и над территорией России. Представлены осредненные данные за март-апрель и сентябрь-октябрь по нескольким атмосферным слоям: поверхность–220 гПа, 220–80 гПа, 80–30 гПа, 30–10 гПа.

- Представлены временные ряды вертикальной структуры атмосферного озона за 2020 год, позволяющие следить за динамикой вертикального распределения.

- На примере озоновых аномалий 2020 года продемонстрирована возможность выявления локализованного по высоте снижения содержания стратосферного озона. Основное уменьшение содержания озона происходило в стратосферном слое 80–30 гПа.

Благодарим **НИЦ «Планета»** за предоставление доступа к результатам спектральных измерений ИКФС-2.
Благодарим рабочую **группу HEGIFTOM в рамках проекта TOAR-II** за предоставление доступа к гармонизированным данным озонозондовых измерений.
Работа выполнена **при поддержке СПбГУ**, шифр проекта 124032000025-1.