

Измерения тропосферного содержания озона спутниковым прибором ИКФС-2 (Метеор-М №2)

Виролайнен Я.А.¹, Поляков А.В.¹, Неробелов Г.М.^{1,2,3}, Акишина С.В.¹, Ван Малдерен Р.⁴, Вигуру К.⁵

¹Кафедра физики атмосферы, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, Россия

³Лаборатория моделирования средней и верхней атмосферы, Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

⁴Королевский метеорологический институт, Уккле, Бельгия

⁵Королевский Бельгийский институт космической аэронавтики (BIRA-IASB), Уккле, Бельгия

В настоящей работе мы представляем первый вариант данных непрерывных измерений тропосферного содержания озона (ТСО) при использовании находящихся в открытом доступе данных спектральных измерений ИКФС-2 уровня 1b. Фурье-спектрометр ИКФС-2 на борту спутника Метеор-М №2 измерял уходящее тепловое излучение в спектральной области 5-15 мкм с неаподизированным спектральным разрешением 0.4 см^{-1} в 2015-2022 гг. Мы рассматриваем ТСО в двух слоях: от поверхности до уровней с давлением 400 мбар и 300 мбар. Методика решения обратной задачи определения ТСО основана на методе искусственных нейронных сетей (ИНС) и методе главных компонент. Для обучения ИНС мы использовали данные озонзондирования, полученные на различных наземных станциях из базы данных, созданной в рамках проекта TOAR-II (Tropospheric Ozone Assessment Report – Оценочный отчет по тропосферному озону) коллективом рабочей группы HEGIFTOM (Harmonization and Evaluation of Ground-based Instruments for Free-Tropospheric Ozone Measurements – Гармонизация и оценка наземных инструментов для измерения содержания озона в свободной тропосфере, см. <https://hegiftom.meteo.be/datasets/ozonesondes>). Таким образом, мы решали проблему калибровки данных измерений ИКФС-2. Оценка погрешности измерений ТСО составила менее 3 е.Д. для слоя поверхность – 400 мбар и ~ 3.5 е.Д. для слоя от поверхности до 300 мбар (~ 12 % от ТСО в обоих слоях).

Мы сопоставили данные по ТСО ИКФС-2 с данными наземных измерений на станциях сети NDACC IRWG (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change Infrared Working Group – ИК рабочая группа Сети для определения изменений состава атмосферы) (<https://www-air.larc.nasa.gov/missions/ndacc/data.html>), оснащенных Фурье-спектрометрами Bruker IFS 120/125 HR. При сопоставлении среднедневных величин ТСО с пространственным рассогласованием 100 и 200 км, систематическое рассогласование между ИКФС-2 и наземными данными зависит, в основном, от высоты станции; стандартные отклонения разностей составляют 2-4.5 е.Д. Глобальное распределение полученных по данным ИКФС-2 величин ТСО хорошо согласуется с независимыми данными измерений спутникового прибора IASI (<https://iasi.aeris-data.fr/catalog/>).

Мы проанализировали пространственно-временную изменчивость ТСО, оценив аномалии, сезонный ход и тренды в различных регионах. Мы также использовали данные измерений ИКФС-2 для валидации численной региональной модели WRF-Chem, в частности в окрестностях Финского залива Балтийского моря.

Благодарности

Исследование было выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 23-27-00166, <https://rscf.ru/en/project/23-27-00166/>).