



Дистанционный метод восстановления двуокиси азота над г. Минск: результаты трех лет наблюдений

Бручковский И.И. (1,2), Бородко С.К. (2), Силюк О.О. (1), Борисовец А.Д. (2)

(1) НИИ «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» БГУ, Минск, РБ

(2) Национальный Научно-исследовательский Центр Мониторинга Озоносферы БГУ, Минск, РБ



Введение

С 2017 года по настоящее время в г. Минск на площадке НИИЦ МО БГУ (53.837361 °S, 27.475520 °E) проводится регистрация спектров рассеянного солнечного излучения из зенита при помощи аппаратно-программного комплекса MARS-B.

- Целью работы является восстановление временных рядов параметров вертикальных распределений концентрации двуокиси азота в атмосфере над г. Минск в течение периода времени 2017 – 2019 гг.



Прибор

- Макет автоматизированного аппаратно-программного комплекса (АПК) MARS-B, построенный на основе модифицированного спектрографа изображения ORIEL MS257 с ПЗС-детектором Andor Technology DV-420 OE (число активных пикселей 1024×256, стабилизация рабочей температуры на уровне минус 40 °С). Макет АПК MARS-B регистрирует спектры рассеянного солнечного излучения в многоосевой геометрии наблюдений для диапазона углов возвышения 0° – 90° в пределах угловой апертуры 1.3°, в спектральном диапазоне 314 - 399 нм с разрешением 0.32 нм, причем регистрация осуществляется без использования механического затвора.
- Система ввода излучения реализована без использования оптического волокна, оптический блок имеет термостабилизацию на уровне 40 ± 0.5 °С (имеются в виду колебания температуры воздуха внутри спектрографа). Макет АПК MARS-B успешно принимал участие в международных кампаниях сравнений MAD-CAT (2013) и CINDI-2 (2016), где было продемонстрировано высокое качество получаемых данных измерений [1-3].

Прибор

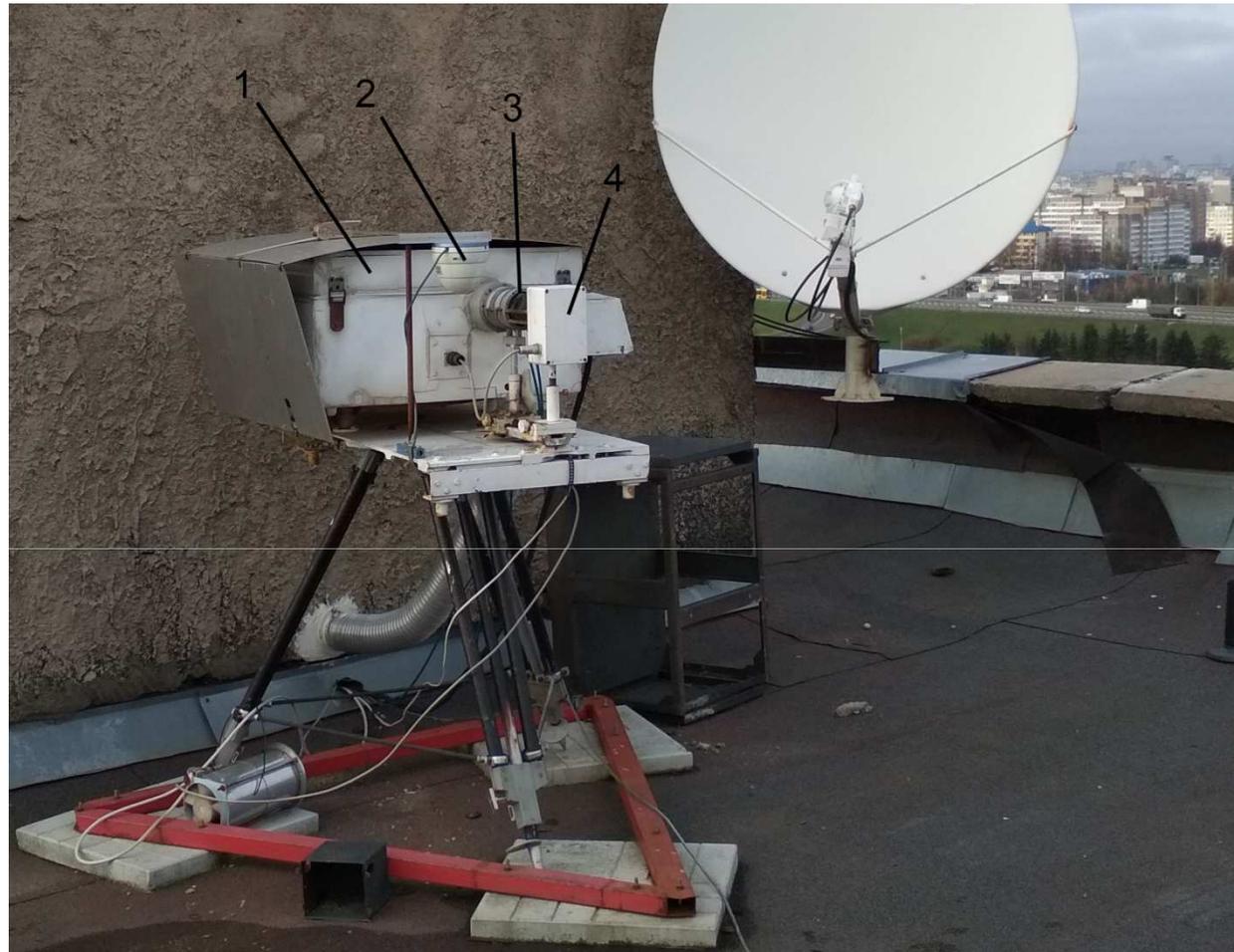


Рис. 1. – АПК MARS-B на площадке НИИЦ МО БГУ :
1 – термостабилизированный короб спектрографа; 2 – камера наружного видеонаблюдения; 3 -
поворотная часть телескопа; 4 - блок шагового двигателя;



Метод

- Восстановление наклонных толщ (DSCD) NO_2 проводилось в диапазоне длин волн 338 – 370 нм по методу DOAS (дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия) при помощи программы QDOAS [4], восстановление профиля концентрации - при помощи алгоритма PriAM [5], который работает в два шага.
- На первом шаге в качестве граничных условий используются дифференциальные наклонные толщи димера кислорода: алгоритм итерационно запускает модель переноса излучения SCIATRAN с целью оптимизации профиля аэрозоля так, чтобы обеспечивалось максимальное согласие между измеренными и моделированными дифференциальными наклонными толщами димера кислорода.
- На втором шаге в модели переноса излучения использовались полученные на первом шаге профили аэрозоля, при этом алгоритм оптимизирует профиль концентрации двуокиси азота так, чтобы обеспечивалось максимальное согласие между измеренными и моделированными дифференциальными наклонными толщами двуокиси азота.

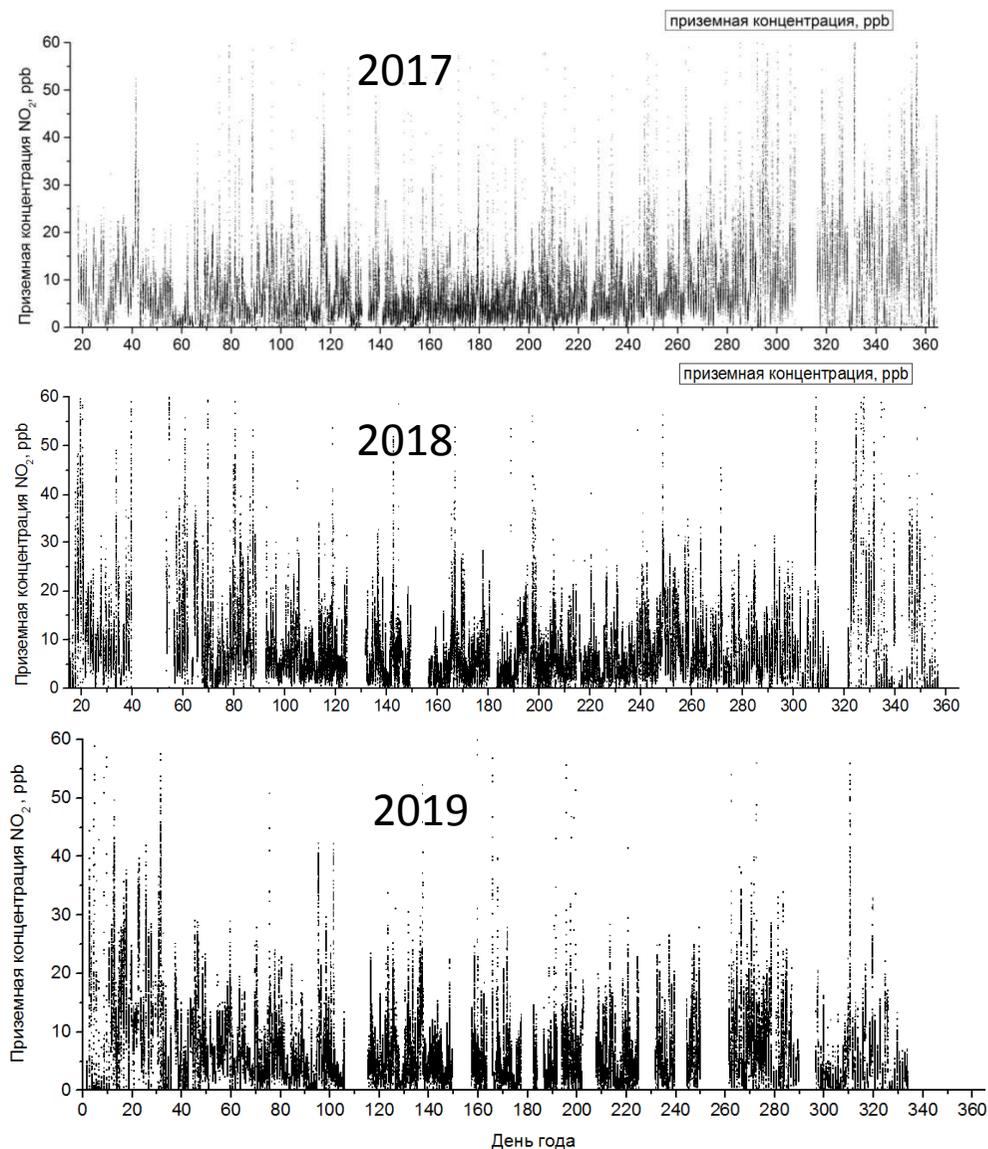
Результаты



Справа представлены ряды наблюдений восстановленных значений приземных концентраций NO_2 как значения концентраций в нижнем 50-метровом слое (приземная концентрация) за три года наблюдений: с 2017 по 2019 гг.

Сравнение с данными Белгидрометцентра (пост №11) показало следующее: среднее значение по методу MAX-DOAS составило 6,09 ppb, среднее значение импактным методом – 14,9 ppb, стандартные отклонения составили 4,2 и 14,2 ppb для MAX-DOAS и импактного методов соответственно, что позволило отвергнуть гипотезу о статистической связи двух рядов данных, полученных разными методами.

Объяснение этому факту может состоять в том, что импактные измерения в большей степени подвержены влиянию пространственных неоднородностей поля исследуемого объема воздуха, в то время как метод MAX-DOAS подразумевает усреднение измеряемой величины вдоль пути световых лучей в атмосфере, попадающих в прибор из малого телесного угла небесной сферы. Как правило, при этом речь идет о расстояниях 5 – 10 км, в зависимости от прозрачности атмосферы. Кроме того, в данных газоанализатора возможно наличие значительной шумовой компоненты.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ



- [1] Вестн. БГУ. Сер. 1. – 2015. – № 3. – С. 44 – 49
- [2] Atmospheric Measurement Techniques. – 2017. – № 10. – P. 955 – 978
- [3] Atmospheric Measurement Techniques. – 2020. – № 13. – P. 685 – 712
- [4] <http://uv-vis.aeronomie.be/software/QDOAS/>
- [5] Atmos. Chem. Phys. – 2017. – Vol. 17. – 2189 – 2215