**Оценка параметров источников двуокиси азота по аэрокосмическим изображениям**

***Христова А.С.***

*Студентка магистратуры*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*

*E–mail: khristova\_as19@physics.msu.ru*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оксиды азота (NO₂ и NO) участвуют в различных химических реакциях в тропосфере и оказывают влияние на климат и здоровье человека. NO₂ является важным предшественником антропогенного озона и ключевым агентом в образовании нескольких токсичных веществ. Поэтому наблюдение за уровнями NO₂ в атмосфере имеет большое значение.  В 2016-2017 были проведены эксперименты по восстановлению пространственного распределения NO₂ с использованием измерений российских спутников серии «Ресурс-П» [5]. В результате было получено изображение тропосферного поля NO₂ (Рис. 1). Так как изображение сильно зашумлено, для наглядности приводится также усредненное изображение (Рис. 2). Для оценки тонких структур, обнаруженных в полях, были разработаны методы моделирования шлейфов NO₂ [2, 3]. Эти методы, в сочетании с данными космического мониторинга (скорость и направление ветра, топографические данные и т.п.) позволяют моделировать тропосферное поле NO₂ для источника с заданными параметрами.  В данной работе решается задача по определению положения источников загрязнения NO₂. Для этого используются методы восстановления изображений.  Представим изображение в виде:  где –шлейф от точечного источника загрязнения, –неизвестная функция распределения источников, n– шум. Для получения оценки функции используется деконволюция Винера [4]:  .  Здесь – преобразования Фурье функций ; параметр подбирался вручную. Результат деконволюции представлен на Рис. 4, а. | Рис. 1. NO₂ DSCD | Рис. 2 |

Полученную оценку можно улучшить с помощью метода проекции градиента [1]. Итерационный алгоритм:

где . Результат работы алгоритма представлен на Рис. 4, б.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | б) |  |

Рис. 3.a) исследуемая область изображения () б) та же область на усреднённом изображении в) cмоделированный шлейф источника NO₂

|  |  |
| --- | --- |
|  | б) |

Рис. 4. а) результат деконволюции , б) результат работы метода проекции градиента,

Предложенный метод позволяет получить оценку функции распределения источников загрязнения. В дальнейшем предполагается развить данный метод для случая присутствия на изображении нескольких источников с разными формами шлейфа.

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова.

**Литература**

1. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука,1980
2. Мухартова Ю.В., Пашенцева Е.В., Мортиков Е.В., Постыляков О.В. Моделирование переноса окислов азота с учетом химических трансформаций с помощью RANS и LES моделей// ENVIROMIS 2024. 1-6 июля 2024.
3. Пашенцева Е.В., Мухартова Ю.В., Постыляков О.В. Химико-транспортная модель для NOХ и ее использование для обработки спутниковой съемки шлейфов NO2 // ENVIROMIS 2024. 1-6 июля 2024.
4. Bertero M., Boccacci P., De Mol C. Introduction to Inverse Problems in Imaging (2nd ed.). CRC Press, 2021
5. PostylyakovO.V., BorovskiA.N., MakarenkovA.A. First experiment on retrieval of tropospheric NO2 over polluted areas with 2.4-km spatial resolution basing on satellite spectral measurements // 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 30 November 2017.