

# КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ НАД УКРАИНОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ AERONET И СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛЕТОМ 2010 ГОДА.

*Галицкая Е.И., Данилевский В.О., Снежко С.И.*

Киевский национальный университет имени Тараса  
Шевченко, Украина

E-mail: [egalytska@gmail.com](mailto:egalytska@gmail.com), [vdanylevsky@gmail.com](mailto:vdanylevsky@gmail.com),  
[tempo2007@meta.ua](mailto:tempo2007@meta.ua)

**Вступление.** Актуальность исследований атмосферных аэрозолей обусловлена тем, что в приземном слое аэрозольные частицы являются загрязнителями атмосферы, а в глобальном масштабе – это один из важных факторов, который влияет на климат [1]. Комплексность подхода к изучению аэрозолей в нашем случае включает использование дистанционных методов измерений оптических характеристик аэрозоля а также анализ источников аэрозольных частиц с использованием синоптического метода и вычислением обратных траекторий перемещения воздушных масс при помощи модели HYSPLIT.

**Материалы и методы.** Для анализа пространственно-временного распределения аэрозоля в атмосфере над Украиной были использованы данные спутникового прибора MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) - сканирующего спектрорадиометра установленного на спутниках NASA Terra и Aqua, а также лидара CALIOP, установленного на спутнике CALIPSO (<http://www-calipso.larc.nasa.gov/about/>), [4]. Спутник Terra (<http://terra.nasa.gov/about/>) движется по полярной орбите с наклоном 98.5°, периодом 99 минут и высотой 705 км, пересекает экватор с севера на юг около 10:30 и с юга на север приблизительно в 22:30 по местному времени; спутник Aqua движется в составе группы спутников A-Train практически рядом с CALIPSO (<http://atrain.gsfc.nasa.gov>). Для исследований динамики и оптических свойств аэрозолей использовались данные об оптической толщине аэрозоля AOD (Aerosol Optical Depth) в спектральном канале MODIS 0.550  $\mu\text{m}$ , а также данные CALIOP об AOD и вертикальном распределении коэффициента аэрозольной экстинкции при 0.532  $\mu\text{m}$ . Благодаря широкому полю зрения прибора MODIS (более 2000 км на земной поверхности) с орбиты спутников Aqua и Terra можно получать данные о распределении AOD над Украиной по несколько раз в день с интервалом примерно 1.5 часа.

Также в работе используются данные наземных наблюдений сети автоматических солнечных фотометров AERONET (Aerosol Robotic Network, <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>) [3], которые позволяют получить ряды надежных значений спектральных AOD и других характеристик аэрозолей в местах наблюдений. Непрерывные измерения средствами AERONET характеристик аэрозоля в Украине осуществляется в Киеве, Севастополе и Мартовом (73 км к востоку от Харькова); в Евпатории и Донецке выполнялись лишь кратковременные измерения, а в Луганске сбор данных продолжался не более года. В нашей работе использованы наблюдения над Киевом, которые непрерывно выполняются с конца марта 2008 г. [2]. По данным этих измерений определяются оптические и микрофизические характеристики аэрозольных частиц, усредненные в столбе атмосферы над местом наблюдений [3]. Обратные траектории атмосферных масс, построенные при помощи модели HYSPLIT, используются для исследования путей переноса аэрозоля к местам наблюдений. Для выявления источников аэрозольных частиц летом 2010 г. использовались данные MODIS о распределении и мощности очагов горения на территории Восточной Европы.

**Результаты.** Анализ AOD по наземным измерениям AERONET в Киеве и спутниковым наблюдениям указывает на уникальность летнего периода 2010 года для Украины (рис.1). Поступление дыма и других аэрозолей от стихийных лесных пожаров, происходивших на Европейской территории России и юге Украины, и антициклональная без осадков погода на протяжении длительного времени (более двух недель) на этой территории способствовали накоплению аэрозоля в атмосфере.

Это увеличило оптическую толщину аэрозоля в атмосфере над Киевом в августе 2010 года примерно на 45% от среднего значения для этого периода года [5]. Анализ вертикальных профилей аэрозольной экстинкции выявил слоистую структуру распределения аэрозоля, сконцентрированного главным образом в пределах нижних 5-ти километров над земной поверхностью. На рис.2 представлено вертикальное распределение аэрозоля 14 августа 2010 года в 254 км на северо-запад от Киева.

**Выводы.** Комплексный анализ наблюдательных данных, полученных космическими и наземными средствами

дистанционных измерений, позволил получить объемное пространственно-временное распределение аэрозольных частиц в атмосфере над территорией Украины во время стихийных лесных пожаров летом 2010 г. и исследовать его динамику. Результаты показали значительную

пространственно-временную изменчивость содержания и оптических характеристик аэрозолей над исследуемой территорией, а также пути перемещения частиц на разных высотах в нижнем слое атмосферы.

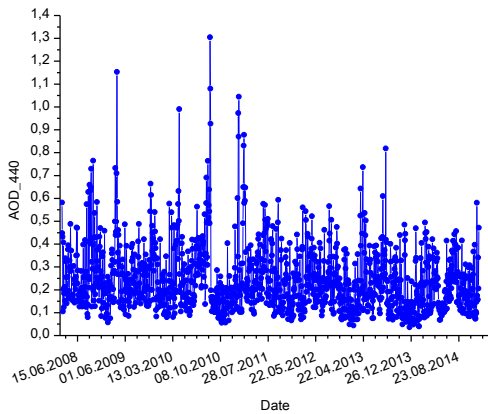


Рисунок 1. – Ежедневно усредненные значения AOD на 440 нм спектральном канале в атмосфере над Киевом за 2008-2014 гг.

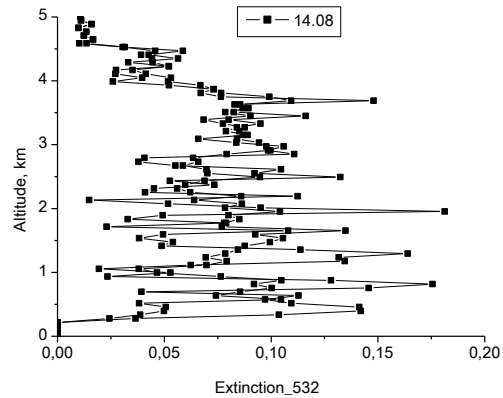


Рисунок 2. – Вертикальный профиль коэффициента экстинкции 14 августа 2010 года в 254 км на северо-запад от Киева

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Boucher, O., D. Randall, P. Artaxo, C. Bretherton, G. Feingold, P. Forster, V.-M. Kerminen, Y. Kondo, H. Liao, U. Lohmann, P. Rasch, S.K. Satheesh, S. Sherwood, B. Stevens and X.Y. Zhang, 2013: Clouds and Aerosols. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA;
2. Danylevsky V., Ivchenko V., Milinevsky G., Sosonkin M., Goloub Ph., Z. Li., O. Dubovik. Atmospheric Aerosol Properties Measured with AERONET/PHOTONS Sun-Photometer over Kyiv during 2008-2009 // In: *Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability* (Eds. F. Kogan, A. Powell and O. Fedorov). NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. – Springer Science+Business Media B.V., 2011. – P. 285 – 294;
3. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y. J., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., Smirnov A. AERONET - a federated instrument network and data archive for aerosol characterization // *Remote Sensing of Environment*. – 1998. – V. 66. – P. 1 – 16;
4. Hunt W. H., Winker D. M., Vaughan M. A., Powell K. A., Lucker P. L., Weimer C. CALIPSO Lidar Description and Performance Assessment // *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. – 2009. – V. 26. – P. 1214 – 1228;
5. Галицька Є.І., Данилевський В.О., Сніжко С.І. Стан забруднення аерозолем атмосфери над Києвом за дистанційними дослідженнями засобами AERONET та вплив на нього лісових пожеж улітку 2010 р. *Геополітика та геоекодинаміка регіонів, Сімф.-2014.* - т.10 випуск 1, с.437 – 444.