

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ В УСЛОВИЯХ ДЫМОВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

**И.П. Яковлева, М.А. Тащилин**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
resels@iszf.irk.ru

## AEROSOL OPTICAL DEPTH SPECTRAL CHARACTERISTICS UNDER EXPOSURE TO FOREST FIRE SMOKE IN THE BAIKAL REGION

**I.P. Yakovleva, M.A. Tashchilin**

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia  
resels@iszf.irk.ru

**Аннотация.** В работе рассматриваются особенности спектральных характеристик аэрозольной оптической толщи (АОТ) в условиях дымов лесных пожаров по отношению к фоновым условиям в Байкальском регионе с использованием результатов экспедиционных измерений в 2018–2020 гг. с помощью портативного фотометра SPM. Для двух типов условий (фоновые и условия дымов лесных пожаров) приводятся оптические характеристики АОТ, мелко- и грубодисперсной компонент АОТ, параметры Ангстрема, восстановленные параметры микроструктуры аэрозоля.

**Ключевые слова:** аэрозольная оптическая толщина, АОТ, дымовой аэрозоль, параметры микроструктуры.

**Abstract.** In this work, the features of the aerosol optical depth (AOD) spectral characteristics under the forest fire smoke conditions are considered in comparison with the background conditions in the Baikal region. The results of expedition measurements in 2018–2020 were used applying a portable SPM photometer. For two types of conditions (background and forest fire smoke conditions), the AOD optical characteristics, fine and coarse AOD components, Angstrom parameters, and reconstructed parameters of the aerosol microstructure are presented.

**Keywords:** aerosol optical depth, AOD, smoke aerosol, microstructure parameters.

Исследование вариаций радиационно-значимых компонентов атмосферы является одной из задач в контексте проблемы изменения климата Земли. Важную роль в радиационных процессах, наряду с парниковыми газами и облачностью, играет атмосферный аэрозоль. Основной и наиболее изученной оптической характеристикой аэрозоля является аэрозольная оптическая толщина (АОТ) атмосферы. Дым от лесных пожаров оказывает сильное воздействие на радиационные характеристики атмосферы в летний период и является важной составляющей оптической погоды в ряде регионов, включая Байкальский регион.

Методы солнечной фотометрии остаются одним из наиболее эффективных для получения информации о параметрах аэрозоля. В настоящей работе для измерения АОТ атмосферы были использованы данные двух фотометров: мобильного фотометра SPM (разработка ИОА им. В.Е. Зуева СО РАН) и стационарного CIMEL CE-318, входящего в сеть автоматизированного мониторинга аэрозолей AERONET [<https://aeronet.gsfc.nasa.gov>]. Фотометр CE-318 установлен в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (ГО ИСЗФ СО РАН) вблизи с. Торы (Тункинская долина, Бурятия).

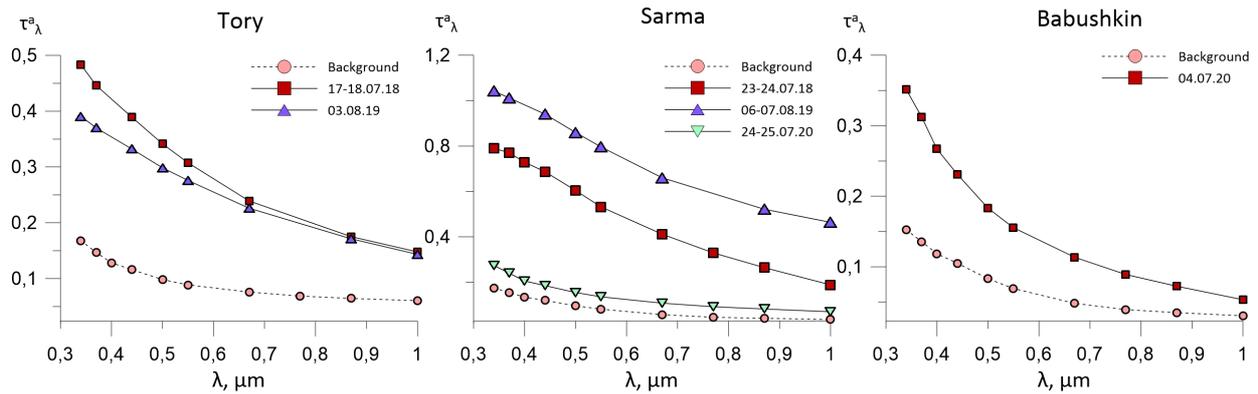
В рамках данного исследования были проведены измерения характеристик атмосферного аэрозоля в фоновых условиях и в условиях дымов лесных пожаров в постоянном пункте наблюдений в ГО ИСЗФ СО РАН с. Торы (51.78° N, 103° E), а также в ходе экспедиций вблизи д. Сарма (53.08° N, 106.83° E) и г. Бабушкин (51.83° N, 106.06° E).

Фоновые характеристики АОТ были получены в апреле месяце 2018 и 2020 гг., до начала периода пожароопасного сезона. Характеристики АОТ для пирогенных событий были получены в экспедици-

онных условиях в результате контроля ситуаций возникновения пожаров, дымового смога вблизи пунктов наблюдения на основе доступных источников информации (визуальные наблюдения, спутниковые данные мониторинга пожароопасной обстановки [<http://gis.iszf.irk.ru>], сообщения средств массовой информации и т. д.).

При сравнении результатов в условиях дымов лесных пожаров и в фоновых условиях использовались следующие характеристики АОТ: значения спектральных АОТ  $\tau_{\lambda}^a$ , влагосодержание атмосферы  $W$  (г/см<sup>2</sup>), показатель селективности Ангстрема  $\alpha$ , коэффициент мутности  $\beta$ , вклады в АОТ грубодисперсного  $\tau^c$  и мелкодисперсного  $\tau_{0.5}^f$  аэрозоля, полученные по методике, описанной в [Сакерин, Кабанов, 2007], объемный фактор заполнения  $V$  (см<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>), средний радиус частиц  $\langle r \rangle$  (мкм), средние радиусы для субмикронной ( $\langle r_1 \rangle$ ) и грубодисперсных ( $\langle r_2 \rangle$ ) фракций.

Средние спектральные зависимости АОТ в трех пунктах наблюдения для фоновых условий, а также для шести случаев наличия дымового аэрозоля приведены на рисунке. Как видно из рисунка, экспедиционные измерения были проведены как при умеренных пирогенных событиях, когда средние значения АОТ в коротковолновой области спектра превышали фоновые значения в два–три раза, так и в экстремальных дымовых ситуациях, при которых значения  $\tau_{\lambda}^a$  превышали фоновые в шесть–восемь раз, причем в большей части спектра. Для фоновых условий наблюдаются характерные гиперболические спектральные зависимости  $\tau_{\lambda}^a$ , как и для умеренных



Средние спектральные зависимости  $\tau_{\lambda}^a$  в трех пунктах наблюдения в фоновых условиях и в условиях дымов лесных пожаров

замутнений, тогда как при экстремальных пирогенных событиях зависимость становится ближе к линейной.

Как следует из рисунка, наиболее существенные изменения АОТ в условиях дымов происходят в коротковолновой и видимой частях спектра за счет более высоких значений мелкодисперсной компоненты  $\tau_{\lambda}^f$ .

При умеренных пирогенных событиях мелкодисперсная компонента  $\tau_{0.5}^f$  увеличивается в среднем в три–пять раз, тогда как грубодисперсная компонента  $\tau^c$  практически не изменяется, что является следствием преобладания в составе дымового аэрозоля мелких частиц. Селективность спектральной зависимости  $\tau^a(\lambda)$  изменяется незначительно, тогда как коэффициент мутности увеличивается в три раза, т. е. увеличение мелкодисперсной компоненты обусловлено не изменением размера частиц, а ростом их концентрации.

Для фоновых условий и условий дымов лесных пожаров, помимо оптических характеристик, была проведена оценка изменения дисперсного состава аэрозольных частиц с помощью методики, описанной в работе [Свириденков, 2001]. Были рассмотрены следующие параметры микроструктуры аэрозоля: объемный фактор заполнения  $V$  ( $\text{см}^3/\text{м}^2$ ), определяющий объем аэрозольных частиц в столбе атмосферы с единичным основанием, средний радиус частиц  $\langle r \rangle$  (мкм), определяемый как отношение объемного фактора заполнения к суммарному геометрическому сечению частиц.

Было получено, что в условиях умеренной пирогенной активности по сравнению с фоновыми условиями объемные факторы заполнения для субмикронного аэрозоля увеличиваются в среднем в три раза, для грубодисперсного в 1.5 раза, тогда как во время экстремальных событий объемный фактор для субмикронного аэрозоля увеличивается до пяти раз, для грубодисперсного — на один порядок. При этом средние радиусы  $\langle r_1 \rangle$  во время пирогенных событий возрастают в среднем на 20 %, в то время как значения  $\langle r_2 \rangle$  меняются в сторону увеличения и

уменьшения, в зависимости от пирогенных событий, но изменения эти незначительны.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (субсидия № 075-ГЗ/Ц3569/278).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Сакерин С.М., Кабанов Д.М. О взаимосвязях параметров формулы Ангстрема и аэрозольной оптической толщи атмосферы в области спектра 1–4 мкм. *Оптика атмосферы и океана*. 2007. Т. 20, № 03. С. 222–228.

Свириденков М.А. Определение характеристик атмосферного аэрозоля по спектральным измерениям прозрачности и малоуглового рассеяния. *Оптика атмосферы и океана*. 2001. Т. 14, № 12. С. 1115–1118.

URL: <http://gis.iszf.irk.ru> (дата обращения 4 августа 2022 г.).

URL: <https://aeronet.gsfc.nasa.gov> (дата обращения 4 августа 2022 г.).