

УДК 551.510.

ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИЕЙ

С.В. Николашкин, С.В. Титов, Г.А. Тимофеева

OPTICAL STUDIES OF ATMOSPHERIC AEROSOL OVER CENTRAL YAKUTIA

S.V. Nikolashkin, S.V. Titov, G.A. Timofeeva

С мая 2004 г. на полигоне широких атмосферных ливней космических лучей сверхвысоких энергий (ЯКУШАЛ) ИКФИА СО РАН вблизи Якутска (61° 40' N, 129° 22' E) проводятся наблюдения основных оптических свойств атмосферного аэрозоля с помощью солнечного фотометра CIMEL CE 318 международной сети AERONET под эгидой НАСА.

Исследованы вариации аэрозольной оптической толщины (АОТ), ее климатические особенности и связь с гелиогеофизическими параметрами.

Приведены предварительные результаты по оценке фонового уровня АОТ, месячной, сезонной и межгодовой вариаций для станции Якутск и сравнительный анализ с другими станциями.

Basic optical properties of atmospheric aerosol have been observed with automatic sun tracking photometer CIMEL CE 318 of the Aerosol Robotic Network (AERONET) under the aegis of NASA since May 2004. The observations have been performed on the polygon of extensive air showers of super high-energy cosmic rays near Yakutsk (61° 40' N., 129° 22' E).

Variations of the aerosol optical thickness (AOT), its climatic characteristics and coupling with heliogeophysical parameters have been investigated.

The paper presents preliminary results of estimation of the background aerosol and monthly, seasonal, and annual variations for Yakutsk station as well as comparative analysis with other stations.

Введение

В последние годы стало весьма актуальным изучение оптических и микрофизических свойств атмосферного аэрозоля в условиях глобального потепления климата на Земле. Особо важна роль аэрозолей в поглощении и рассеянии солнечного излучения. Вклад аэрозолей в указанные процессы весьма велик, и изучение оптики и энергетики атмосферы невозможно без учета их оптических свойств [1].

Одним из доступных и информативных методов исследования атмосферного аэрозоля является оптический метод, который, в свою очередь, подразделяется на активный и пассивный методы. К активным методам относятся лазерное (лидарное), прожекторное зондирование, к пассивным – исследование оптических свойств аэрозоля при прохождении через него солнечного излучения с использованием солнечных фотометров. Из-за чрезвычайной изменчивости атмосферного аэрозоля во времени и в пространстве по микроструктуре и физико-химическим свойствам важно знать оптические свойства аэрозоля в широком пространственном масштабе, полученные с помощью одинаковых аппаратуры и методов обработки данных, поэтому была создана мировая сеть солнечных фотометров AERONET (AErosol RObotic NET), главным организатором которой является НАСА (США). С мая 2004 г. на базе Института космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера ЯНЦ СО РАН около Якутска (61° 40' N, 129° 22' E) ведется мониторинг атмосферных аэрозолей при помощи лидара и солнечного фотометра CIMEL CE 318 данной сети.

Методы и результаты наблюдений

Основополагающими принципами сети AERONET являются единообразие методов и средств измерений, калибровка приборов, первичная обработка

данных на одном месте и их доступность в сети Интернет. Работа прибора заключается в измерении интенсивности солнечной радиации в 8 участках спектра (от УФ до ИК) на диске Солнца и при различных углах по вертикали и горизонтали от его положения. Измерения в различных участках спектра дают информацию о распределении частиц по размерам, концентрации влаги, показателе преломления, альбедо однократного рассеяния и аэрозольной оптической толщине в атмосфере. Атмосферная аэрозольная оптическая толщина (АОТ) определяется как коэффициент поглощения и рассеяния солнечного света по всей толщине атмосферы на той или иной длине волны оптического спектра, которая отражает размер рассеивающих частиц и характеризует интегральную концентрацию аэрозоля [2, 3].

С использованием данных солнечного фотометра были рассмотрены регулярные вариации АОТ для некоторых станций Сибирского региона. Для рассмотрения месячных, сезонных, межгодовых вариаций аэрозоля были взяты данные измерений АОТ уровня 1.5 для станций Иркутск (51° 48' N, 103° 05' E), Томск (56° 29' N, 85° 03' E), Уссурийск (43° 42' N, 132° 10' E) и Якутск (61° 40' N, 129° 22' E) на длинах волн 340, 380, 440, 500, 675, 870, 1020 нм с 1 января 2004 г. по 31 декабря 2008 г. Данные АОТ уровня 1.5 являются автоматически отфильтрованными от облачности (так называемыми «cloud screening»). На основе полученных данных проанализированы особенности сезонной и межгодовой вариаций АОТ для каждой станции с целью установления его климатических уровней [4, 5].

Статистика полученных данных на различных станциях AEROSIBNET приведена в таблице.

На рис. 1 показан сезонный ход АОТ за 2008 г. на длине волны 500 нм (видимая область) для четырех станций. Из рис. 1 можно заметить, что на всех

Список станций солнечных фотометров AEROSIBNET и доступные данные

Станция AERONET	Расположение станции	Период наблюдений	Общее количество дней измерения (с 1 января 2004 г. по 31 декабря 2008 г.), N	Количество дней с измерениями по уровню 1.5, $N_{1.5}$	$N_{1.5}/N$
Иркутск	51° 48' N, 103° 05' E	16.01.2004–28.12.2008	1809	443	0.24
Томск	56° 29' N, 85° 02' E	03.05.2004–02.12.2008	1675	760	0.45
Уссурийск	43° 42' N, 132° 10' E	06.12.2004–29.12.2008	1485	507	0.34
Якутск	61° 40' N, 129° 22' E	22.05.2004–08.11.2008	1632	585	0.36

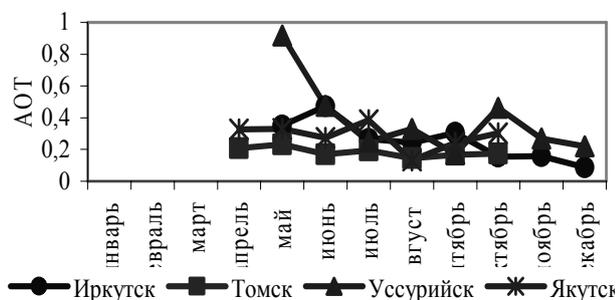


Рис. 1. Сезонный ход АОТ за 2008 г. на длине волны 500 нм.

станциях наблюдается постепенный спад уровня АОТ от с весенних месяцев к зимним. Также видно, что уровень АОТ для станции Уссурийск выше остальных, что можно объяснить расположением Уссурийска, в отличие от сибирских станций, в зоне влияния тихоокеанских циклонов.

Для исследования климатических особенностей АОТ на этих станциях также был рассмотрен фоновый уровень сезонных вариаций АОТ (рис. 2). Для определения климатических (фоновых) уровней из ряда данных исключались дни с явными кратковременными пиками в поведении хода АОТ по принципу трех сигм от стандартного отклонения «шумовой полосы» измеренного уровня аэрозоля.

На рис. 3 и 4 показаны межгодовая изменчивость и фоновый уровень межгодовой изменчивости АОТ за 2004–2008 гг. Прослеживается похожее поведение хода АОТ для всех станций, кроме Иркутска (2007 г.) и Якутска (2008 г.).

В ультрафиолетовой области спектра (340 нм) значения АОТ на станции Якутск больше, чем в инфракрасной области (1020 нм) (рис. 5). Анализ динамики распределения частиц по размерам за 2007 г. для станций Томск (рис. 6) и Якутск (рис. 7) показал, что для Якутска характерно наличие частиц мелкой фракции, а для Томска – более крупной, что объясняется удаленностью Якутска от источников

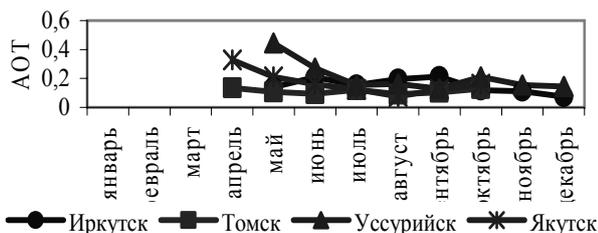


Рис. 2. Фоновый уровень сезонного хода АОТ за 2008 г. на длине волны 500 нм.

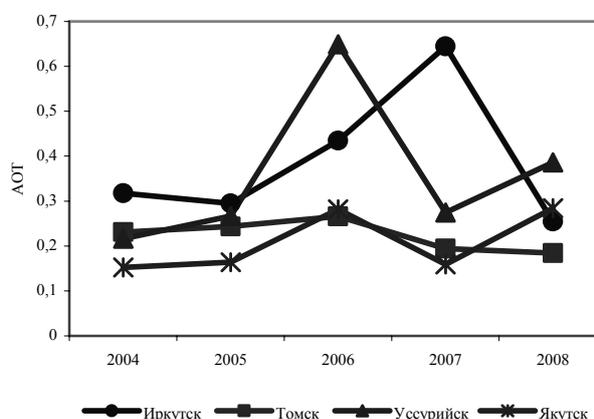


Рис. 3. Межгодовой ход АОТ.

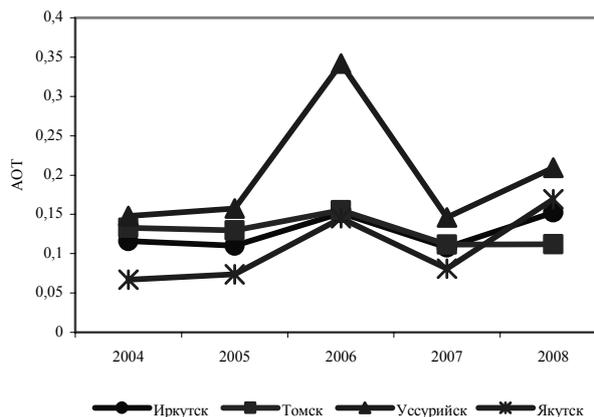


Рис. 4. Фоновый уровень межгодового хода АОТ на длине волны 500 нм.

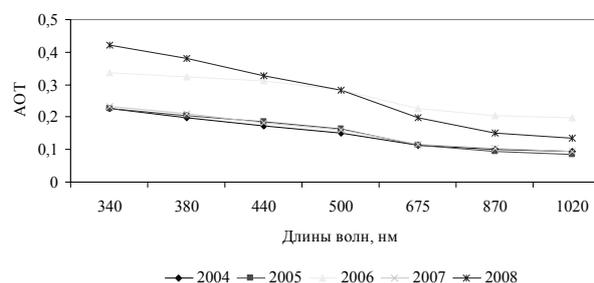


Рис. 5. Межгодовой ход АОТ на станции Якутск.

пыльных бурь и от крупных промышленных центров.

Выводы

Сравнительный анализ межгодовых и сезонных вариаций общего и климатического уровней аэрозольной оптической толщины станций Сибири показал сходство их общего поведения, различающееся только уровнями АОТ. Несколько иная картина поведения АОТ наблюдается для Уссурийска, располо-

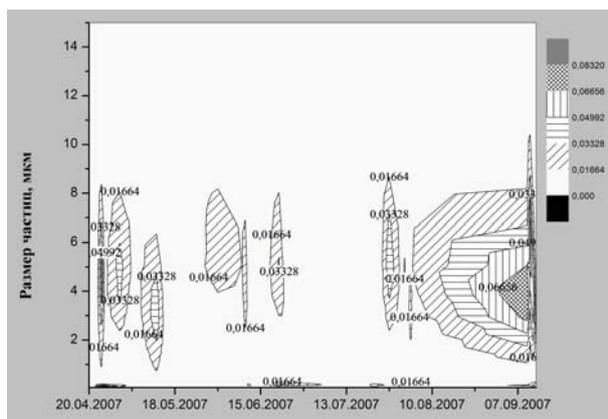


Рис. 6. Распределение частиц по размерам для Томска за 2007 г.

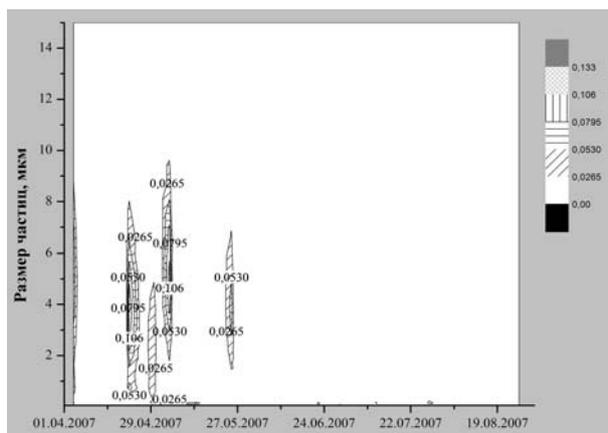


Рис. 7. Распределение частиц по размерам для Якутска за 2007 г.

женного в районе влияния тихоокеанской атмосферной системы.

Полученные результаты исследования оптических свойств атмосферного аэрозоля также показывают, что значения АОТ для станции Якутск меньше, чем для у других станций, и для нее характерно

преобладание мелкодисперсного аэрозоля. Это можно объяснить отсутствием на территории Якутии мощных загрязняющих атмосферу объектов (крупных заводов и фабрик), меньшим количеством транспорта по сравнению с другими городами сети AEROSIBNET, удаленностью от источников пыльных бурь (пустыни и степи). Локальный максимум для Якутска появляется в летний период (особенно в июле), что, вероятно, является следствием частых и крупных пожаров на территории Якутии в летнее время.

Данная работа частично поддержана грантом РФФИ – Дальний Восток № 09-05-98573 и Интеграционным проектом СО РАН № 75.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанов М.В., Панченко М.В. Рассеяние оптических волн дисперсными средами. Часть III. Атмосферный аэрозоль. Томск: Издание Томского филиала СО АН СССР, 1984. 189 с.
2. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., et al. AERONET - A federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Remote Sens. Environ. 1998. V. 66, N. 1. P. 1–16.
3. Dubovik O., Smirnov A., Holben B.N., et al. Accuracy assessments of aerosol optical properties retrieved from Aerosol Robotic Network (AERONET) Sun and sky-radiance measurements // J. Geophys. Res. 2000. V. 105, N. 4. P. 9791–9806.
4. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Панченко М.В. и др. Результаты мониторинга атмосферного аэрозоля в азиатской части России по программе AEROSIBNET в 2004 г. // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18, № 11. С. 968–975.
5. Сакерин С.М., Береснев С.А., Горда С.Ю. и др. Характеристики годового хода спектральной аэрозольной оптической толщи атмосферы в условиях Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22, № 6. С. 566–574.

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск