

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА АЭРОЗОЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ АТМОСФЕРЫ В СРЕДНИХ И ВЫСОКИХ ШИРОТАХ И НАД АКВАТОРИЕЙ МИРОВОГО ОКЕАНА

канд. геогр. наук Е.Н. РУСИНА, канд. геогр. наук В.Ф. РАДИОНОВ,  
канд. физ.-мат. наук Е.Е. СИБИР

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
Санкт-Петербург, e-mail: rusina@aari.ru; vradion@aari.ru

В статье анализируются данные наблюдений за интегральной оптической толщиной атмосферы на среднеширотных станциях фонового мониторинга загрязнения атмосферы на территории Российской Федерации за более чем 40-летний период; данные спектральных фотометрических наблюдений за аэрозольной оптической толщиной на станциях международной сети AERONET, расположенных в высоких и средних широтах; данные спектральных фотометрических наблюдений в Атлантическом и Южном океанах, накопленные во время рейсов научно-экспедиционных судов в Антарктиду и обратно. Сопоставлены друг с другом результаты одних и тех же видов наблюдений в средних широтах и в северной и южной полярных областях. Анализ материалов наблюдений, полученных в таких разнообразных условиях, позволил оценить специфику и динамику изменений аэрозольного загрязнения в различных регионах планеты.

*Ключевые слова:* интегральная оптическая толщина, аэрозольная оптическая толщина, мониторинг загрязнения атмосферы, высокие и средние широты, Арктика, Антарктида, Мировой океан.

### ВВЕДЕНИЕ

Непрекращающийся рост антропогенных выбросов в атмосферу ведет к увеличению их содержания даже на значительном удалении от источников. Последствия этого могут быть различными, включая изменения климата. Поэтому под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО) с конца 1960-х гг. ведется постоянный контроль уровня загрязнения атмосферы вне зон непосредственных антропогенных выбросов на сети станций фонового мониторинга загрязнения атмосферы (WMO, 1971; Руководство, 1991). В перечень определяемых параметров включены, в частности, оптические характеристики атмосферного аэрозоля, в том числе аэрозольная оптическая толщина.

Обширный материал об аэрозольно-оптических характеристиках атмосферы на среднеширотных станциях фонового мониторинга загрязнения атмосферы в России охватывает более чем 40-летний период. Это дает возможность проследить динамику этих характеристик во времени, а также сопоставить полученные результаты с аналогичными данными на станциях, расположенных в высоких широтах.

К рассмотрению были также привлечены данные измерений спектральной аэрозольной оптической толщины атмосферы на станциях международной сети

наблюдений AERONET (Smirnov et al., 2009) и данные, собранные за последние 10 лет в Атлантическом и Южном океанах на научно-экспедиционных судах (НЭС), следующих из Санкт-Петербурга в Антарктиду и обратно. Все это позволило оценить специфику аэрозольного замутнения в различных районах земного шара.

### АНАЛИЗИРУЕМЫЕ ДАННЫЕ

Представляемые в данной статье результаты наблюдений в средних широтах получены сначала на советских, а позднее — на российских станциях фонового мониторинга атмосферы в рамках международных программ Background Air Pollution Monitoring (BAPMoN) (WMO, 1971; Берлянд и др., 1982) с 1972 г. и Global Atmosphere Watch (GAW) (WMO/GAW..., 2005) с 1989 г.

По данным наблюдений BAPMoN – GAW рассчитывалась спектральная аэрозольная оптическая толщина атмосферы (АОТ) и связанный с распределением аэрозольных частиц по размерам показатель селективности аэрозольного ослабления Ангстрема (WMO, 1971; Русина, 1977, 1997; Руководство, 1991). Однако в 1993 г. спектральные наблюдения в России были вынужденно прерваны. Лишь с 1997 г. на станциях фонового мониторинга начала действовать сокращенная программа наблюдений только за интегральной оптической толщиной атмосферы (ИОТ). Перечень станций фонового мониторинга приводится в табл. 1. На них с 1972 по 1993 г. проводились спектральные измерения АОТ, а измерения ИОТ ведутся непрерывно с 1972 г. по настоящее время.

Таблица 1

Станции фонового мониторинга

Станция	Район расположения	$\lambda^\circ$ с.ш.	$\varphi^\circ$ в.д.
Туруханск	Красноярский край	65,8	87,9
Усть-Вымь	Республика Коми	62,2	50,4
Сыктывкар*	Республика Коми	61,7	50,8
Воейково	Ленинградская обл.	60,0	30,7
Памятное	Курганская обл.	56,0	65,7
Курган*	Курганская обл.	55,5	65,4
Хужир	Иркутская обл., о. Ольхон, оз. Байкал	53,2	107,3
Иркутск*	Иркутская обл.	52,2	104,3
Шаджатмаз	Карачаево-Черкесская Республика	43,7	42,7

В трех регионах России — Республике Коми, Курганской и Иркутской областях — наблюдения проводятся не только на фоновых станциях, но и в парных им городах, располагающихся в нескольких десятках километров от них (в табл. 1 эти города отмечены \*). Ряды результатов наблюдений ИОТ на этих станциях за период с 1972 по 2014 г. позволяют проследить многолетние изменения данного параметра.

Совместно с результатами наблюдений на этих станциях анализируются также данные многолетних наблюдений за ИОТ на станциях в Арктике и Антарктиде; материалы прямых спектральных фотометрических измерений аэрозольной оптической толщины атмосферы на зарубежных арктических и расположенных на территории РФ станциях AERONET; данные судовых наблюдений за АОТ, выполнявшихся с 2005 по 2015 г. в различных районах акватории Мирового океана (Радионов и др., 2002, 2007, 2015; Tomasi et al., 2012).

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНА АТМОСФЕРЫ

Интегральная оптическая толщина атмосферы ИОТ определяется по данным стандартных актинометрических измерений прямой солнечной радиации из соотношения (Евневич, Савиковский, 1989)

$$\text{ИОТ} = -\ln P_2 = -(\sin h + 0,204) \cdot \ln(S_h/S_0)/1,41,$$

где  $S_h$  — измеренная при высоте Солнца  $h$  и приведенная к среднему расстоянию от Земли до Солнца прямая солнечная радиация ( $\text{кВт/м}^2$ );  $S_0$  — заатмосферная солнечная постоянная;  $P_2$  — коэффициент интегральной прозрачности.

ИОТ позволяет косвенно судить об аэрозольном ослаблении в атмосфере, поскольку представляет собой оптическую толщину атмосферы для прямой солнечной радиации в диапазоне длин волн  $\Delta\lambda = 0,3\text{--}4$  мкм при атмосферной массе  $m = 2$ . Ее вариации в этом диапазоне длин волн определяются главным образом содержанием в атмосфере аэрозоля и водяного пара. Потому в целом в теплое время года из-за большего влагосодержания атмосферы и увеличения турбулентного обмена значения ИОТ превышают наблюдаемые в холодный период. Следует отметить, что в городских условиях с более высокими уровнями аэрозольного загрязнения атмосферы интегральная оптическая толщина, как правило, выше наблюдаемой на парных станциях вне городов.

Для оценки многолетней изменчивости ИОТ использованы величины ее нормированных аномалий относительно многолетних норм на каждой из анализируемых станций. За нормы приняты средние годовые значения ИОТ за период с 1979 по 2012 г. за исключением 1983–1984 и 1992–1993 гг., когда проявлялись последствия вулканических извержений, т.е. рассматривались средние ИОТ за 30 фактических лет наблюдений. Эти нормы приведены на рис. 1 для станций, перечисленных в табл. 1, и для антарктической станции Мирный.

Как видно на рис. 1, минимальная оптическая толщина атмосферы (максимальная прозрачность) наблюдается на высокогорной станции Шаджатмаз (высота над уровнем моря 2070 м) и на антарктической станции Мирный. Самые высокие значения ИОТ получены на станциях, расположенных в городах (Сыктывкар, Курган, Иркутск),

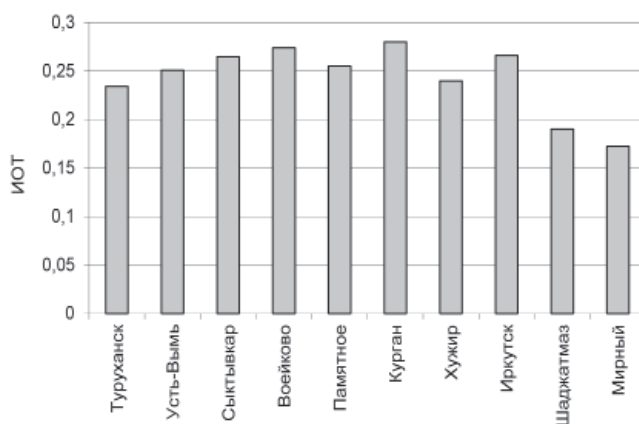


Рис. 1. Средние годовые значения (нормы) ИОТ за 1979–2012 гг. за исключением 1983–1984 и 1992–1993 гг., когда проявлялись последствия вулканических извержений, на фоновых станциях средних широт (табл. 1) и на ст. Мирный в Антарктиде.

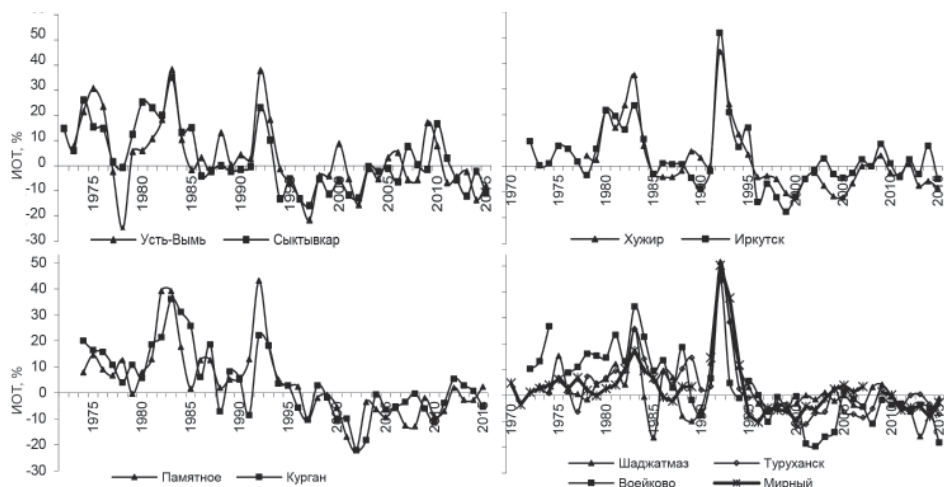


Рис. 2. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ИОТ (%) на станциях фонового мониторинга атмосферы и на ст. Мирный в Антарктиде.

а на парных им внегородских фоновых станциях — они меньше. По величине нормы с городами может сравниться только станция Воейково, находящаяся на расстоянии 12 км к востоку от Санкт-Петербурга.

Картина межгодовых колебаний общего замутнения атмосферы на среднеширотных станциях фонового мониторинга и на антарктической станции Мирный относительно их многолетних норм представлена на рис. 2. На нем показано изменение (%) нормированных аномалий ИОТ с начала 1970-х гг. по 2015 г. включительно.

Из рис. 2 следует, что наиболее длительный период с положительными отклонениями ИОТ от нормы в значительной степени связан с влиянием ряда вулканических извержений — Фуэго (1974), Эль-Чичон (1982) и Пинатубо и Хадсон (1991). Самый существенный отклик атмосферы был зарегистрирован на всех станциях после извержения вулканов Пинатубо в июне 1991 и Хадсон в августе того же года (Herber et al., 1996). После двух этих извержений, следовавших одно за другим, величины относительных аномалий оптической толщины атмосферы достигали 40–50 %.

С середины 1990-х гг. началось увеличение прозрачности, уменьшение ИОТ и постепенный переход нормированных аномалий ИОТ в область отрицательных значений. Минимальные значения нормированных аномалий (до –20 %) на станциях Усть-Вымь и Сыктывкар, Хужир и Иркутск, а также на станции Шаджатмаз были зарегистрированы во второй половине 1990-х гг., а в Памятном и Кургане, Туханске и Воейково — в начале 2000-х гг. К концу первого десятилетия XXI в. прозрачность атмосферы вновь начала постепенно уменьшаться и ИОТ, соответственно, увеличиваться и приближаться к норме.

Для сравнения со значениями ИОТ на среднеширотных фоновых станциях на рис. 3 дополнительно приведены рассчитанные по среднемесячным значениям средние за наблюдательный период 2000–2014 гг. значения ИОТ и их среднеквадратические отклонения на арктических городских станциях Архангельск (64,5° с.ш., 40,5° в.д.) и Норильск (69,3° с.ш., 88,2° в.д.) и внегородских станциях Бугрино (68,8° с.ш., 49,3° в.д.) и Оленёк (68,5° с.ш., 112,4° в.д.). Как видно, за рассматриваемый период средние значения ИОТ на фоновых среднеширотных станциях и на станции Оленёк

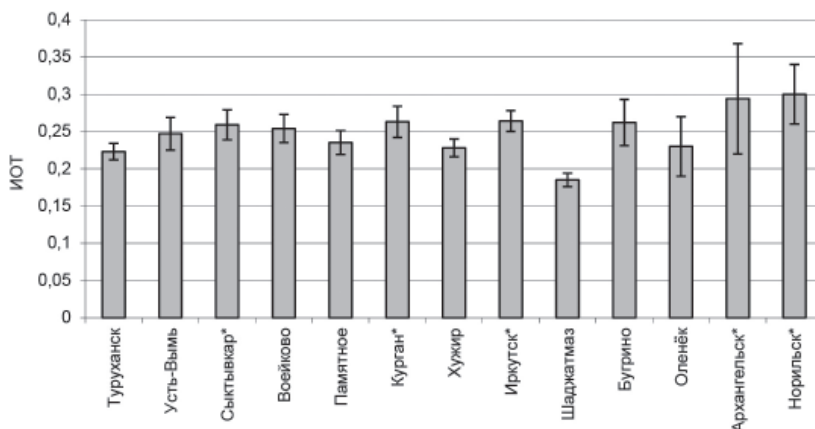


Рис. 3. Средние за 2000–2014 гг. значения ИОТ на фоновых станциях средних широт и на арктических городских и внегородских станциях.

мало отличаются друг от друга. Станция Бугрино по уровню загрязнения атмосферы сопоставима со станцией Воейково, находящейся вблизи Санкт-Петербурга, и городскими среднеширотными станциями. В арктических городах Архангельск и Норильск оптическая толщина атмосферы в среднем примерно на 13 % выше, чем в рассматриваемых среднеширотных парных фоновым станциям городах, за счет большего количества промышленных и локальных источников загрязнений.

#### СПЕКТРАЛЬНАЯ АЭРОЗОЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНА АТМОСФЕРЫ

Актинометрические наблюдения за ИОТ позволяют судить об аэрозольной составляющей загрязнения атмосферы только косвенно. Лишь прямые измерения спектральной аэрозольной оптической толщины (АОТ) атмосферы на разных длинах волн дают возможность оценить собственно аэрозольное ослабление солнечной радиации в атмосфере. В России такие наблюдения на станциях фонового мониторинга

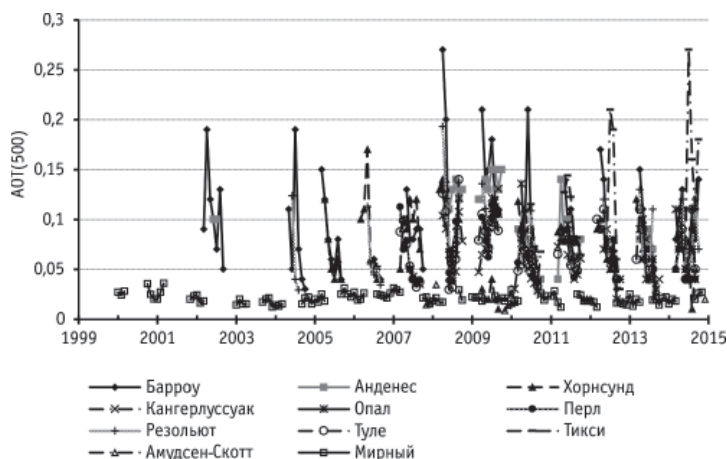


Рис. 4. Среднемесячные значения АОТ на длине волны 500 нм на арктических и антарктической станциях сети AERONET и на российской антарктической станции Мирный с 2000 по 2014 г.

проводились с 1972 г. и до 1993 г. (Русина, Радионов, Сибир, 2013). В 2000-е гг. на ряде российских станций были начаты измерения АОТ по программе AERONET и в рамках ее морской части MAN — над акваторией Мирового океана (Smirnov et al., 2009). Кроме того, начиная с 1979 г. они регулярно проводятся на станции Мирный в Антарктиде и с 2011 г. — в Баренцбурге на арх. Шпицберген (Сакерин и др., 2014). На рис. 4 приводятся среднемесячные значения АОТ на длине волны 500 нм, полученные с 2000 по 2014 г. на арктических станциях и антарктической станции Амундсен-Скотт сети AERONET, а также на российской антарктической станции Мирный.

На всех арктических станциях отмечается существенный внутригодовой ход аэрозольной оптической толщины с максимумом в зимне-весенний период и быстрым спадом до минимальных значений летом. Такой характер сезонного хода АОТ связан с дальним переносом загрязнений от источников умеренных широт в Арктику, их накоплением в подинверсионных слоях в холодный период года (образование «арктической дымки») и последующим быстрым вымыванием примесей осадками с началом весны. В Антарктиде сезонный ход АОТ незначителен, его максимум наблюдается, как и на континентальных станциях в Северном полушарии, летом. Измеряемые на антарктических станциях величины АОТ, типичные для межвулканических периодов, — одни из самых низких на Земле (Tomasi et al., 2012).

В табл. 2 приведены осредненные за все сезоны наблюдений 2000–2014 гг. значения АОТ(500) на длине волны 500 нм на станциях, представленных на рис. 4, и их среднеквадратические отклонения.

Таблица 2

**Средние за 2000–2014 гг. значения АОТ(500) и их среднеквадратические отклонения на арктических и антарктических станциях AERONET и на российской станции Мирный**

Станция	АОТ(500) ± СКО
Барроу	0,098±0,049
Анденес	0,096±0,035
Хорнсунд	0,075±0,034
Кангерлуссуак	0,065±0,023
Опал	0,067±0,030
Перл	0,071±0,029
Резольют	0,078±0,036
Туле	0,070±0,028
Тикси	0,11±0,06
Амундсен-Скотт	0,018±0,006
Мирный	0,021±0,005

За указанный период в целом наибольшие уровни аэрозольного замутнения атмосферы наблюдались на арктических станциях Барроу и Тикси (табл. 2). Высокие (относительно средних значений) среднеквадратические отклонения АОТ(500) на арктических станциях за представленные 15 лет наблюдений обусловлены именно существенной внутригодовой изменчивостью аэрозольной оптической толщины.

Среднемесячные значения АОТ(500) на континентальных станциях AERONET, расположенных в средних широтах на территории России и на станции Тикси в Арктике, приведены на рис. 5.

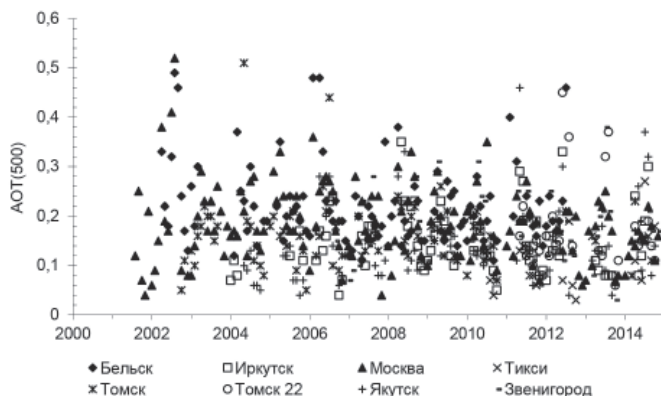


Рис. 5. Среднемесячные значения АОТ(500) на российских среднеширотных станциях и арктической станции Тикси сети AERONET за 2000–2014 гг.

Значения АОТ(500) на станциях AERONET, расположенных в умеренных широтах России, существенно выше, чем в Арктике. Но и они в основном не превышают величину 0,4. Превосходящие этот предел значения, как правило, связаны с экстремальными ситуациями — высокими уровнями замутнения атмосферы дымами торфяных и лесных пожаров (Горчаков и др., 2011; Сакерин и др., 2014; Chubarova et al., 2011).

#### ИЗМЕНЧИВОСТЬ АОТ НАД АТЛАНТИЧЕСКИМ И ЮЖНЫМ ОКЕАНАМИ

К настоящему времени накоплен значительный объем данных спектральных солнечных фотометрических наблюдений АОТ атмосферы, выполненных во время рейсов НЭС «Академик Федоров» из Санкт-Петербурга к Антарктиде и обратно за 2005–2015 гг.

На рис. 6 нанесены средние за день значения аэрозольной оптической толщины на длине волны 500 нм для каждого из 10 рейсов НЭС «Академик Федоров».

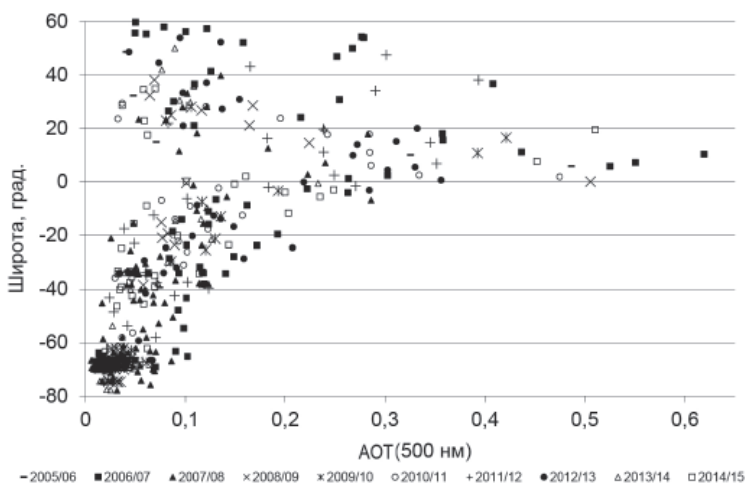


Рис. 6. Среднедневные значения АОТ на длине волны 500 нм в периоды рейсов НЭС «Академик Федоров» в Атлантическом и Южном океанах.

**Средние значения АОТ атмосферы на длине волны 500 нм  
и их среднеквадратические отклонения  
в различных широтных зонах акваторий Атлантического и Южного океанов  
по результатам наблюдений на НЭС «Академик Федоров» в 2005–2015 гг.**

Широтная зона	АОТ(500) ± СКО
40–60° с.ш.	0,106±0,068
20–40° с.ш.	0,124±0,079
0–20° с.ш.	0,299±0,124
0–20° ю.ш.	0,143±0,124
20–40° ю.ш.	0,084±0,038
40–60° ю.ш.	0,055±0,023
Приантарктическая 100-мильная зона	0,026±0,014

Большая изменчивость аэрозольной оптической толщины в умеренных широтах Северного полушария определяется выносом примесей на акваторию океана с территории Европы. В области Атлантического океана, простирающейся от 22 до 10° с.ш. и до 40° з.д. и называемой «морем мрака», практически постоянно ощущается пылевой вынос из Африки (Бартенева и др., 1991).

В табл. 3 приведены средние для 20-градусных широтных поясов и в 100-мильной зоне вблизи Антарктиды значения аэрозольной оптической толщины атмосферы на длине волны 500 нм и их стандартные отклонения.

Из рис. 6 и табл. 3 следует, что наибольшее аэрозольное замутнение атмосферы наблюдается в зоне от 0 до 20° с.ш. В этом поясе средние значения АОТ для  $\lambda = 500$  нм могут превосходить величину 0,5 и даже 0,6. Столь высокие значения, как уже упоминалось, определяются выносами аэрозоля из пустынь африканского континента и полностью согласуются с данными, приведенными в (Бартенева и др., 1991; Smirnov et al., 2009). В широтной зоне от 0 до 20° ю.ш. изменчивость (СКО) такая же, как и в широтном поясе 0–20° с.ш., но средние значения в 2 раза меньше.

В широтных поясах 20–40° и 40–60° обоих полушарий величины АОТ меньше, чем в соседних приэкваториальных поясах, но в Северном полушарии они заметно превышают аналогичные значения в Южном полушарии.

При удалении от африканского континента и приближении к Антарктиде аэрозольное замутнение атмосферы уменьшается в несколько раз.

Самое низкое аэрозольное загрязнение атмосферы наблюдается в приантарктических водах (АОТ = 0,026±0,014). Это уже величины, измеренные у берегов Антарктиды, где практически отсутствует влияние антропогенных источников загрязнения и величина аэрозольного ослабления солнечной радиации определяется преимущественно содержанием аэрозоля морского происхождения.

### ВЫВОДЫ

С начала 1970-х гг. и по 2014 г. как на станциях фонового мониторинга, так и на арктических станциях и в Антарктиде прослеживается тенденция к снижению ИОТ, т.е. к росту прозрачности атмосферы. На фоне этой тенденции существенные «всплески» ИОТ во всех рассматриваемых регионах были обусловлены влиянием крупных вулканических извержений, проявившихся на протяжении 2–3 лет. В результате самоочищения атмосферы после извержения вулканов Пинатубо и Хадсон, а также



существенного уменьшения промышленных выбросов на территории бывшего СССР, к середине 1990-х гг. интегральная прозрачность атмосферы над территорией России повысилась настолько, что значения нормированных аномалий ИОТ перешли в область отрицательных значений. Наибольшие по абсолютной величине отрицательные значения наблюдались на разных станциях в 1997–2001 гг.

Средние за период наблюдений уровни интегрального замутнения атмосферы (за счет аэрозольной составляющей и водяного пара) на российских фоновых станциях средних широт и на арктических станциях близки между собой, среднемесячные значения ИОТ  $\leq 0,35$ . В Антарктиде эти значения менее 0,2.

Собственно уровни аэрозольного загрязнения в Арктике и Антарктике различаются гораздо сильнее, чем величины ИОТ: средние месячные значения АОТ(500) в Арктике не превышают 0,2, а в Антарктиде — 0,05; их средние многолетние значения за все периоды наблюдений в 2000–2014 гг. — 0,1 и 0,02 соответственно.

На континентальных станциях AERONET, находящихся на территории России, значения АОТ (500) существенно превышают таковые в Арктике, особенно в летний период.

Над акваторией Атлантического океана значения АОТ(500) менялись в широких пределах как в зависимости от широты, так и от года к году. Значения АОТ(500)  $\geq 0,45$  характерны для широтных зон в Атлантике, где наблюдаются выносы аэрозоля из пустынь африканского континента.

Снижение уровня аэрозольного замутнения к северу и к югу от этой зоны повышенного замутнения происходит неравномерно. В «зеркальных» относительно экватора широтных поясах средние значения АОТ(500) в Северном полушарии значительно превосходят аналогичные значения в Южном полушарии. По-видимому, основной причиной этого является преобладание площади суши и промышленных источников загрязнений в Северном полушарии и, соответственно, увеличенный вынос в атмосферу над океаном аэрозолей естественного и антропогенного происхождения с континентов.

Минимальные значения аэрозольной оптической толщины атмосферы за все 10 лет измерений на судах наблюдались в непосредственной близости от берегов Антарктиды (АОТ(500)  $< 0,02$ ) и являются одними из самых низких на земном шаре.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бартенева О.Д., Никитинская Н.И., Сакунов Г.Г., Веселова Л.К.* Прозрачность толщи атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
- Берлянд М.Е., Вольберг Н.С., Лавриненко Р.Ф., Русина Е.Н.* Вопросы взаимосвязи глобального и локального мониторинга загрязнения атмосферы // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды II Международн. симп. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 135–144.
- Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Семутникова Е.Г., Чубарова Н.Е., Холбен Б.Н., Смирнов А.В., Емиленко А.С., Исаков А.А., Копейкин В.М., Карпов А.В., Лезина Е.А., Задорожная О.С.* Оптические и микрофизические характеристики аэрозоля задымленной атмосферы московского региона в 2010 году // Доклады Академии наук. 2011. Т. 467. № 5. С. 686–690.
- Евневич Т.В., Савиковский И.А.* Расчет прямой солнечной радиации и коэффициента прозрачности атмосферы // Метеорология и гидрология. 1989. № 5. С. 106–109.
- Радионон В.Ф., Ламакин М.В., Хербер А.* Измерения аэрозольной оптической толщины атмосферы в Антарктиде // Изв. АН. ФАО. 2002. Т. 38. № 2. С. 205–210.

Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Сибир Е.Е. Специфика многолетней изменчивости суммарной солнечной радиации и характеристик прозрачности атмосферы в полярных областях // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 76. С. 131–136.

Радионов В.Ф., Кабанов Д.М., Польшин В.В., Савкин Д.Е., Сакерин С.М., Сибир Е.Е. Изменения характеристик аэрозольного и газового состава атмосферы на маршрутах НЭС «Академик Федоров» и «Академик Трещников» в период 59-й РАЭ (ноябрь 2013 – май 2014 гг.) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. № 4 (106). С. 5–19.

Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89. М., 1991. С. 590–597.

Русина Е.Н. Определение характеристик аэрозольной мутности атмосферы по данным спектральных актинометрических наблюдений // Метеорология и гидрология. 1977. № 5. С. 49–55.

Русина Е.Н. Оценка качества информации об аэрозольной мутности атмосферы на международной сети фонового мониторинга БАПМОН // Труды ГГО. 1997. Вып. 544. С. 166–175.

Русина Е.Н., Радионов В.Ф., Сибир Е.Е. Изменчивость аэрозольно-оптических параметров атмосферы в северной и южной полярных областях после 2000 г. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 1 (95). С. 51–60.

Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Кабанов Д.М., Николашкин С.В., Прахов А.Н., Радионов В.Ф., Турчинович Ю.С., Чернов Д.Г., Holben B.N., Smirnov A., Sorokin M.G. О результатах исследований аэрозольной оптической толщи атмосферы в арктических районах // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 5. С. 413–423.

Chubarova N., Nezval' Y., Sviridenkov M., Smirnov A., Slutsker I. Smoke aerosol and its radiative effects during extreme fire event over Central Russia in summer 2010 // Atmos. Meas. Tech. Discuss. 2011. № 4. P. 6351–6386.

Herber A., Thomason L.W., Dethloff K., Viterbo P., Radionov V.F., Leiterer U. Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar regions: 1991–1994 // J. of Geoph. Res. 1996. Vol. 101. № D2. P. 3921–3928.

Smirnov A., Holben B.N., I. Slutsker, Giles D.M., McClain C.R., Eck T.F., Sakerin S.M., Macke A., Croot P., Zibordi G., Quinn P.K., Sciare J., Kinne S., Harvey M., Smyth T.J., Piketh S., Zielinski T., Proshutinsky A., Goes J.I., Nelson N.B., Larouche P., Radionov V.F., Goloub P., Krishna Moorthy K., Matarrese R., Robertson E.J., Jourdin F. Maritime Aerosol Network as a component of Aerosol Robotic Network // J. Geophys. Res. 2009. Vol. 14. D06204. (doi:10.1029/2008JD011257).

Tomasi C., Lupi A., Mazzola M., Stone R.S., Dutton E.G., Herber A., Radionov V.F., Holben B.N., Sorokin M.G., Sakerin S.M., Terpigova S.A., Sobolewski P.S., Lanconelli C., Petrov B.H., Busetto M., Vitale V. An update on polar aerosol optical properties using POLAR-AOD and other measurements performed during the International Polar Year // Atmospheric Environment. 2012. Vol. 52. P. 29–47. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.02.055.

WMO Operations Manual for Sampling and Analysis Techniques for Chemical Constituents in Air and Precipitation // WMO. 1971. № 299. P. 1–2, 7–14.

WMO/GAW Experts Workshop on a Global Surface-based Network for Long Term Observations of Column Aerosol Optical Properties (Davos, Switzerland, 8-10 March 2004) // WMO. 2005. TD № 1287. 153 p.

*E.N. RUSINA, V.F. RADIONOV, E.E. SIBIR*

## **MONITORING OF THE AEROSOL COMPONENT IN THE ATMOSPHERE AT MIDDLE AND HIGH LATITUDES AND OVER THE WORLD OCEAN**

The article analyzes the observation data for the total optical thickness of the atmosphere at mid-latitude stations of the background air pollution monitoring on the territory of the Russian

Federation for more than 40 years. The obtained results are compared with similar results in Northern and Southern Polar regions.

The data of direct spectral observations of the aerosol optical thickness at the AERONET stations located in high and middle latitudes, as well as the spectral observational data over the Atlantic and Southern oceans collected during the voyages of research vessels to Antarctic and back, have been also drawn to the consideration. The analysis of observational data collected in such diverse conditions, allows evaluating the specificity and dynamics of aerosol pollution in various regions of the planet.

*Keywords:* total optical depth, aerosol optical depth, background air pollution monitoring, high and middle latitudes, Arctic, Antarctica, World Ocean.