

УДК 551.510 + 551.521.3

О межгодовой изменчивости широтного распределения микрофизических и химических характеристик приводного аэрозоля в Восточной Атлантике в 2006–2010 гг.

В.В. Польшкин¹, Вас.В. Польшкин¹, Л.П. Голобокова², М.В. Панченко¹,
С.А. Терпугова¹, А.Б. Тихомиров^{1*}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1
²Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3

Поступила в редакцию 25.02.2013 г.

В 2006–2010 гг. в рамках 52–56-й Российских антарктических экспедиций по маршруту следования НЭС «Академик Федоров» проводились детальные измерения микрофизических и химических параметров аэрозоля наряду с подробными измерениями метеорологических характеристик и параметров верхнего навигационного слоя океана. Анализируются широтное распределение и межгодовая изменчивость интегральных аэрозольных параметров: счетной N_a , массовой M_a концентраций аэрозоля и массовой концентрации поглощающего аэрозоля (сажи) M_{BC} , химического состава растворимой фракции приводного аэрозоля в связи с изменчивостью гидрометеорологических параметров на трансатлантическом разрезе, выполненном в 2006–2010 гг.

Ключевые слова: микрофизические и химические параметры аэрозоля, широтный ход, межгодовая изменчивость; ion composition, number and mass concentration of atmospheric aerosol and soot, latitudinal, interannual variability.

Введение

Усиливающийся интерес к изучению пространственно-временной изменчивости оптических характеристик атмосферных частиц над океаном обусловлен прогрессом в понимании роли аэрозоля в радиационных процессах, протекающих в атмосфере. Комплексные исследования свойств аэрозоля в переходных зонах «материк–океан», где состав частиц формируется источниками различной природы, но до сегодняшнего времени слабо изучен, представляют особый интерес [1].

В 2006–2010 гг. в рамках 52–56-й Российских антарктических экспедиций (РАЭ) по маршруту следования НЭС «Академик Федоров» нами были проведены детальные измерения микрофизических и химических параметров аэрозоля, сопровождавшиеся регистрацией метеорологических характеристик и параметров верхнего слоя океана [2–7]. Проход судна осуществлялся по близкорасположенным маршрутам в одно и то же время года (ноябрь 2006–2010 гг.), что дает возможность рассмотреть межгодовую изменчивость широтной зависимости измеряемых параметров для этих лет.

В настоящей статье анализируется межгодовая изменчивость широтного распределения счетной N_a , массовой M_a концентраций аэрозоля, массовой концентрации поглощающего субмикронного аэрозоля M_{BC} (сажи – Black Carbon (BC)), химического ионного состава растворимой фракции частиц (H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}) и гидрометеорологических параметров на трансатлантических разрезах, выполненных в ноябре каждого года.

Аппаратура и методы

Исследование микрофизических характеристик аэрозоля осуществлялось автоматизированным мобильным аэрозольным комплексом, состоящим из нефелометра [8], фотоэлектрических счетчиков частиц АЗ-5 [9], АЗ-10, GRIMM 1.108 и аэталометра. Модифицированный нефелометр ФАН (длина волны источника излучения 0,51 мкм) измерял коэффициент направленного рассеяния $\mu(45^\circ)$ ($Mm^{-1} \cdot sr^{-1}$) сухой основы субмикронных частиц под углом рассеяния 45° . По данным о коэффициенте направленного аэрозольного рассеяния в соответствии с эмпирической зависимостью оценивалась массовая концентрация субмикронного аэрозоля M_a ($мкг/м^3$) = $= 2,40\mu(45^\circ)$ [10, 11]. Для измерений счетной концентрации N_a ($см^{-3}$) и распределения частиц по

* Виктор Викторович Польшкин (victor@iao.ru); Василий Викторович Польшкин (sibvas@gmail.com); Людмила Петровна Голобокова (lg@lin.irk.ru); Михаил Васильевич Панченко (pmv@iao.ru); Светлана Александровна Терпугова (swet@iao.ru); Алексей Борисович Тихомиров (ga9hai@iao.ru).

размерам использовались фотоэлектрические счетчики частиц типа АЗ-5 (диапазон диаметров $d = 0,4\div 10$ мкм), АЗ-10 ($d = 0,3\div 10$ мкм) и фирмы GRIMM (модель 1.108, $d = 0,3\div 20$ мкм). Счетчик GRIMM дополнительно определял массовую концентрацию частиц M_a (мкг/м³) размерами $d > 0,27$ мкм. Массовая концентрация поглощающего вещества (сажи) в составе аэрозольных частиц M_{BC} (мкг/м³) определялась аэталометром. Прибор прокалиброван по сажевым частицам. Абсолютная калибровка прибора проводилась на основе сопоставления данных синхронных оптических и гравиметрических измерений сажевого аэрозоля [12].

Для исследования химического состава приводного аэрозоля отбирались пробы атмосферного воздуха на фильтры, которые анализировались в лабораторных условиях [13]. Отбор проб проводился на фильтры аспиратора и импактора (фильтры на двух каскадах — для частиц больше и меньше 1 мкм). Аэрозоль на фильтры накапливался в течение 7–10 ч, скорость прокачки воздуха для аспиратора — 12 л·мин⁻¹, через каналы импактора — 5 л·мин⁻¹. В водных вытяжках аэрозольных фильтров измерялись концентрации ионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} . Содержание газообразных соединений SO_2 , NO_2 , HNO_3 , NH_3 определялось расчетным методом на основе анализа соответствующих им ионов.

Мобильный аэрозольный комплекс в составе нефелометров, фотоэлектрических счетчиков частиц и аэталометров располагался в аэрометеорологической лаборатории НЭС «Академик Федоров». В процессе измерений исследуемый воздух забирался на высоте около 21 м от водной поверхности и поступал по шлангам в измерительные ячейки приборов. Для регистрации крупных частиц счетчиками длина заборного шланга приборов была сокращена до 0,5 м. Контроль и регистрация данных, поступающих от всей аппаратуры, входящей в состав аэрозольного комплекса, осуществлялись в автоматическом или операторском режиме с персонального компьютера. Измерения проводились круглосуточно и синхронно всеми приборами в течение 10–30 мин (в зависимости от текущей концентрации аэрозоля и сажи в воздухе) с периодичностью 1 ч. Согласно методике измерений один раз в сутки производились контроль и при необходимости калибровка приборов станции. Для нефелометра использовались калибровочная светорассеивающая призма и прокачка кюветы чистым воздухом [8] с измерением суммарного сигнала молекулярного рассеяния и фона измерительной камеры. Калибровка фотоэлектрических счетчиков осуществлялась с помощью внутреннего калибратора. Аэталометр в период экспедиции дополнительно не калибровался, однако периодически несколько раз производилась проверка «нуля» при заборе воздуха в ячейку прибора через аэрозольный фильтр. Все особенности калибровки и методики измерений детально описаны ранее [8–10].

Анализ полученных данных и результаты исследования

Маршрут движения НЭС «Академик Федоров» в экспедициях 2006–2010 гг. представлен на рис. 1. На рис. 2 для разных лет представлен широтный ход интегральных аэрозольных и гидрометеорологических параметров, осредненных по широте с шагом 0,5°.

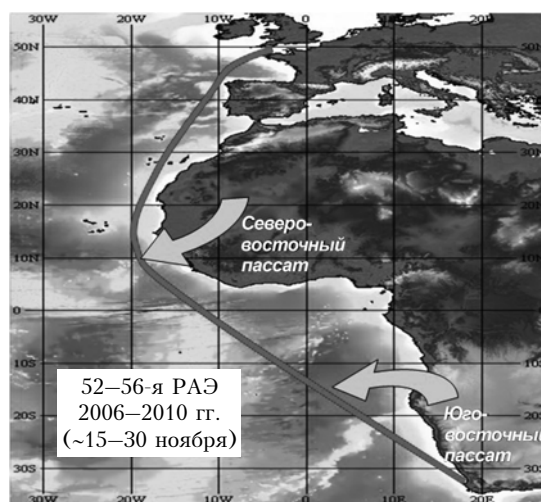


Рис. 1. Карта маршрута НЭС «Академик Федоров» по трансатлантическому разрезу

Характерными для всех лет наблюдений являются следующие особенности в поведении анализируемых параметров. В северной части маршрута до 35° с.ш., проходившего вблизи континента, как правило, наблюдались и сильные западные ветры (до 10–20 м/с), волнение моря (до 5–6 баллов) и высокие значения относительной влажности воздуха (до 75–100%). Очевидно, что это обуславливало интенсивное образование частиц морского происхождения за счет «пузырькового» механизма и сдувания брызг с гребней разбивающихся волн [14], что, несомненно, внесло существенный вклад в рост содержания аэрозоля на этом участке разреза — M_a до 25 мкг/м³ и N_a до 35 см⁻³. Близость промышленно развитой Европы наиболее ярко проявилась в увеличении массовой концентрации «сажи» M_{BC} (до ~ 1,5 мкг/м³).

Ослабление скорости ветра до 5 м/с и менее между 32 и 24° с.ш. соответственно приводило к уменьшению концентрации частиц в приводной атмосфере. Далее по разрезу (южнее 25° с.ш.) опять наблюдался рост содержания аэрозоля (N_a , M_a и M_{BC}), который определялся усилением влияния пассата, приносящего с северо-востока терригенный аэрозоль из пустынных районов Африканского континента [15]. Максимальных значений параметры ($N_a \sim 103$ см⁻³, $M_a \sim 115$ мкг/м³, $M_{BC} \sim 3,0$ мкг/м³) достигали в центре зоны выноса сахарской пыли северо-восточным пассатом (8–14° с.ш.). Иногда между 0 и 150° с.ш. проявлялся локальный максимум концентрации сажи (53-я и 55-я РАЭ,

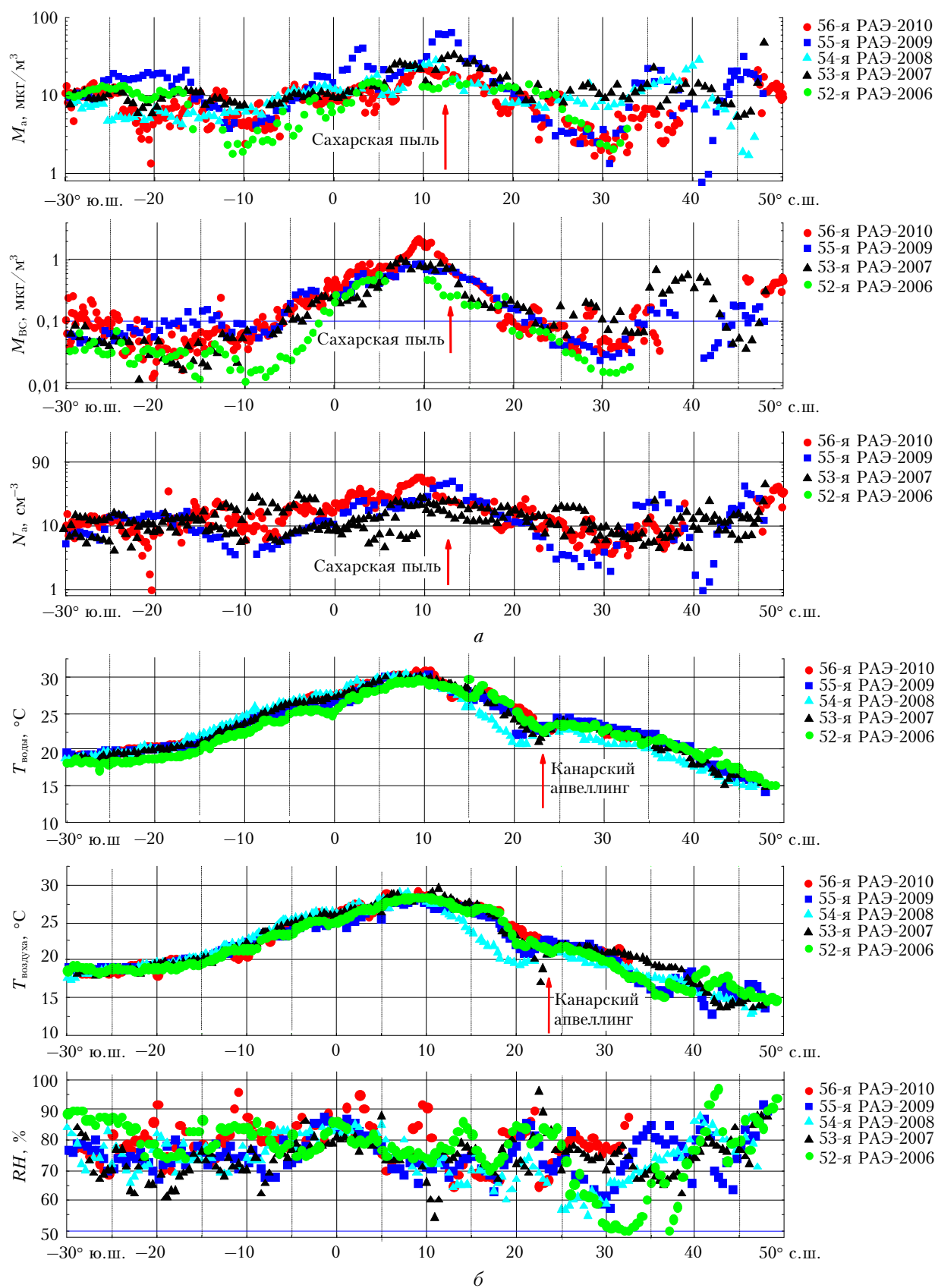


Рис. 2. Широтный ход интегральных аэрозольных параметров M_a , N_a и $M_{вс}$ для разных лет (а) и гидрометеорологических параметров приводного аэрозоля $T_{\text{воды}}$, $T_{\text{воздух}}$, относительной влажности воздуха RH для разных лет. Отмечены районы термического экватора и Канарского апвеллинга [14] (б)

$M_{BC} \sim 2,5 \text{ мкг/м}^3$), который не совпадал с локальными пиками для N_a и был обусловлен, вероятнее всего, воздействием выносов продуктов лесных пожаров с Африканского континента [16]. На участке 15–30° ю.ш. с приближением судна к Африканскому континенту и местам выноса пылевого аэрозоля юго-восточными ветрами из пустыни Калахари характерно существенное увеличение значений N_a и M_a . Следует отдельно подчеркнуть, что на этом участке темп роста массовой концентрации поглощающего вещества M_{BC} заметно меньше, чем общей массы частиц M_a , поскольку поглощение пылевого аэрозоля в видимом диапазоне длин волн заметно слабее по сравнению с сажевым [17].

Широтный ход суммы ионов растворимой фракции приводного аэрозоля в общих чертах повторяет ход интегральных аэрозольных характеристик. Максимальных значений (50 мкг/м^3 – 52-я РАЭ – 2006 г.) сумма ионов достигала вблизи Африки (менее 100 км), в районе выносов сахарской пыли северо-восточным пассатом, минимальных – в Северном полушарии в районе Канарских островов (30° с.ш.), когда скорость ветра меньше 5 м/с, и в Южном полушарии, в центре Гвинейского залива, на максимальном удалении маршрута от Африки (до 2000 км), при скоростях ветра меньше 10 м/с – 10° ю.ш. (1 мкг/м^3 – 53-я РАЭ – 2007 г.). Особенно отчетливо это проявилось для широтного хода ионов неокеанического (континентального) [2–7, 18, 19] происхождения K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} .

В районах сильного волнения морской поверхности (40–50° с.ш. – Бискайский залив и на траверсе Испании, скорость ветра до 20 м/с, 15–20° ю.ш. – юго-восточный пассат, скорость ветра более 10 м/с) наблюдается максимальный вклад в массовую концентрацию аэрозоля солевых частиц океанического происхождения Cl^- , Na^+ (до 20 мкг/м^3 – 55-я РАЭ – 2009 г.), который превалирует над вкладом частиц континентального происхождения. В районах выноса континентального аэрозоля (северо-восточный пассат – 5–25° с.ш., юго-восточный пассат – 15–30° ю.ш.) массу ионов неокеанического происхождения определяют ионы K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} . Расчет долевого содержания континентального аэрозоля [19] показал, что в районах, подверженных воздействию северо-восточного пассата (5–25° с.ш.), доля массового содержания континентального аэрозоля может доходить до 80%, а в районах, прилегающих к Европе (выше 35° с.ш.), – до 60% [2–7]. Доля грубодисперсных частиц ($d > 1 \text{ мкм}$) изменялась от 20% от общей массы в районе 30° с.ш. (53-я РАЭ–2007 г.) до 80% в районах выноса пылевого аэрозоля (северо-восточный пассат, 5–25° с.ш.) (52-я РАЭ – 2006 г.).

Располагая результатами 5-летнего цикла измерений на трансатлантических разрезах, проводимых в ноябре каждого года, представляет определенный интерес рассмотреть межгодовую динамику исследуемых аэрозольных характеристик.

Для анализа данных 2006–2010 гг. был выбран широтный диапазон по маршруту от 32,5° с.ш. до 29° ю.ш. как наиболее полно обеспеченный экспериментальными данными, на котором наблюдались заметные межгодовые различия аэрозольных и гидрометеорологических характеристик. В этот же широтный диапазон попадает интервал 5° ю.ш. – 23° с.ш., на котором наблюдаются максимальные значения и вариации аэрозольных характеристик M_a , N_a , M_{BC} . Для всего участка были рассчитаны их средние значения по каждому году (рис. 3 и 4).

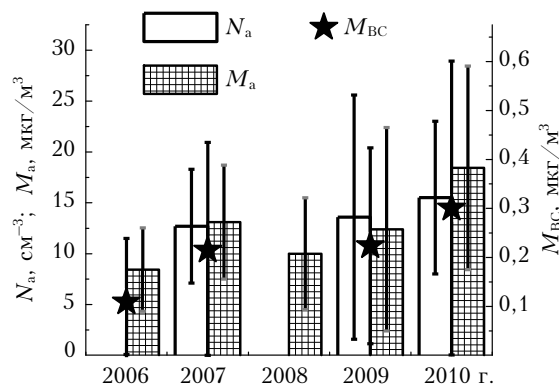


Рис. 3. Средние значения интегральных микрофизических параметров, рассчитанных для интервала широт 32,5° с.ш. – 29° ю.ш.

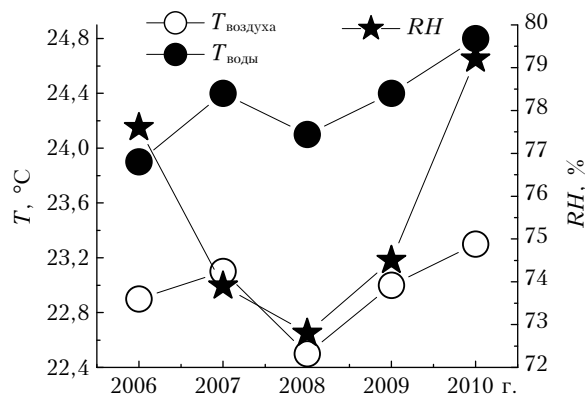


Рис. 4. Средние значения гидрометеорологических параметров, рассчитанных для интервала широт 29° ю.ш. – 32,5° с.ш.

Здесь (рис. 3) следует отметить наблюдающуюся за этот 5-летний период тенденцию увеличения средних значений: массовой концентрации аэрозоля M_a с 9 до 18 мкг/м^3 ; счетной концентрации аэрозоля N_a ($d > 0,4 \text{ мкм}$) с 12,6 до 14,5 см^{-3} ; массовой концентрации «сажи» M_{BC} с 0,13 до 0,3 мкг/м^3 . Средняя по маршруту суммарная масса ионов (субмикронного и грубодисперсного диапазонов) изменилась от 20 до 25 мкг/м^3 . Замедление темпа роста анализируемых характеристик в период между 2007 и 2009 гг. (и заметное падение массовой концентрации аэрозоля в 2008 г., рис. 3), очевидно, было связано с изменением гидрометеорологической обстановки в этом районе. (Осредненные гидрометеорологические характеристики для интервала широт

32,5° с.ш. – 29° ю.ш. приведены на рис. 4). Различие средних значений аэрозольных характеристик было проверено по критерию Стьюдента, который подтвердил значимость отличия средних с вероятностью 95%. Как показывают результаты многочисленных наблюдений, в этот период в Атлантике наблюдалось наибольшее за последние несколько десятков лет количество сильных штормов и ураганов, что, по мнению исследователей, было обусловлено явлением Ла-Нинья сезона 2007–2008 гг. и, по видимому, проявилось и в аномалиях приземной среднегодовой глобальной температуры в 2006–2010 гг. [20] (рис. 5).

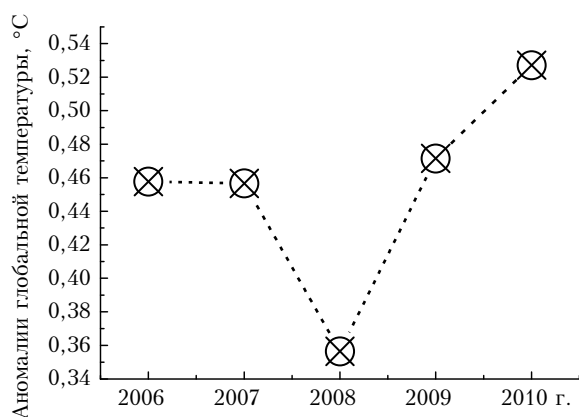


Рис. 5. Аномалии глобальной приземной температуры (значки), для периода 2006–2010 гг. (относительно базового периода 1961–1990 гг.) [20]

Не исключено, что и наблюдаемое нами изменение температуры воды и приземной атмосферы в 2008 г. было обусловлено этими же причинами.

Заключение

Проведен анализ широтной зависимости аэрозольных и гидрометеорологических характеристик, измеренных на трансатлантическом разрезе, выполненном в 2006–2010 гг. в рамках 52–56-й Российских антарктических экспедиций на НЭС «Академик Федоров». Результаты показывают, что, несмотря на большой диапазон вариаций аэрозольных характеристик (до 2–3 порядков) за 5-летний период, характерные черты их широтной зависимости достаточно устойчиво воспроизводятся.

Показано, что основной вклад в массовую концентрацию аэрозоля вносят солевые частицы океанического происхождения Cl^- , Na^+ . Этот вклад максимален в районах сильных западных ветров. В районах выноса аэрозоля с континента преобладают ионы K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} . Доля континентального аэрозоля в массовом содержании в районе северо-восточного пассата может достигать до 80%, а в районах, прилегающих к Европе, до 60%.

Оценки показали, что за период 2006–2010 гг. наблюдался рост массы субмикронного аэрозоля с 9 до 18 мкг/м^3 ; счетной концентрации аэрозоля N_a ($d > 0,4 \text{ мкм}$) с 12,6 до 14,5 см^{-3} ; массовой концен-

трации «сажи» M_{BC} с 0,13 до 0,3 мкг/м^3 . Средняя по маршруту суммарная масса ионов (субмикронного и грубодисперсного диапазонов) – от 20 мкг/м^3 для 2006 г. до 25 мкг/м^3 в 2010 г.

Авторы выражают глубокую благодарность С.М. Сакерину за формирование программы и руководство экспедициями, В.Ф. Радионову за организацию экспедиций, В.П. Шмаргунову, А.Г. Тумакову, В.С. Козлову за подготовку аппаратуры, В.П. Бунякину, С.П. Кислицину за предоставленный материал гидрометеорологических наблюдений, Ю.В. Артамонову за участие в анализе полученных данных, а также экипажу НЭС «Академик Федоров» за помощь в подготовке и проведении экспедиционных исследований.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» с использованием данных, полученных по итогам работ в рамках государственного контракта от 26.08.2011 № 16.518.11.7093 по теме «Развитие приборной базы и проведение исследований в полярных областях Мирового океана с использованием уникальной установки научно-экспедиционное судно «Академик Федоров» (УСУ НЭС «Академик Федоров»)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

1. *Ивлев Л.С.* Аэрозольное воздействие на климатические процессы // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 5. С. 392–410.
2. *Полькин В.В., Артамонов Ю.В., Бунякин В.П., Кислицин С.П.* Широтное распределение аэрозоля и гидрометеорологических параметров на трансатлантическом галсе по данным попутных измерений на НЭС «Академик Федоров» в ноябре 2009 г.: Тезисы докл. // Междунар. научн. конф. «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08». Санкт-Петербург, 21–23 апреля, 2010. СПб.: АНИИ, 2010. С. 142.
3. *Полькин В.В., Артамонов Ю.В., Бунякин В.П., Кислицин С.П.* Пространственные особенности распределения аэрозоля и гидрометеорологических параметров по данным попутных измерений на НЭС «Академик Федоров» в 2009–2010 гг. // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. Вып. 13. С. 146–152.
4. *Полькин В.В., Панченко М.В., Сакерин С.М., Радионов В.Ф., Бунякин В.П., Кислицин С.П., Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Артамонов Ю.В., Шевченко В.П., Лисицын А.П.* Мониторинг пространственно-временной изменчивости микрофизических и химических параметров приземного аэрозоля на трансатлантическом галсе по маршруту НЭС «Академик Федоров»: Мат. симпоз. // VII Всерос. симпоз. «Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2010». Томск, 5–7 июля, 2010. Томск: «Аграф-Пресс», 2010. С. 240–241.
5. *Полькин В.В., Полькин Вас.В.* Предварительные сравнительные исследования микрофизических параметров приземного аэрозоля на трансатлантическом галсе по маршруту НЭС «Академик Федоров» в 52–56 РАЭ // XVII Междунар. симпоз. «Оптика атмосф. и океана. Физика атмосферы»: Сб. трудов [Электронный

- ресурс]. Электрон. текстовые, граф. данные. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2011. 1 электр. опт. диск CD-ROM. С. 127–130.
6. *Полькин В.В., Панченко М.В., Терпугова С.А., Тихомиров А.Б., Козлов В.С., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Радионов В.Ф., Полькин Вас.В.* Межгодовая изменчивость гидрометеорологических и аэрозольных параметров в приводном слое Восточной Атлантики в 2006–2010 гг. // XVIII Рабочая группа «Аэрозоли Сибири»: Тезисы докл. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2011. С. 10.
 7. *Полькин В.В., Панченко М.В., Терпугова С.А., Тихомиров А.Б., Козлов В.С., Шмаргунов В.П., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Радионов В.Ф., Полькин Вас.В., Артамонов Ю.В., Буянкин В.П., Кислицин С.П.* Исследования межгодовой трансформации гидрометеорологических, микрофизических и химических параметров аэрозоля в приводном слое Восточной Атлантики в 2006–2010 гг. // XVIII Междунар. симпоз. «Оптика атмосф. и океана. Физика атмосферы». 2–6 июля 2012 г. Иркутск, 2012. С. 61.
 8. *Шмаргунов В.П., Козлов В.С., Тумаков А.Г., Полькин В.В., Панченко М.В.* Автоматизированный аэрозольный нефелометр на базе ФАН // Приборы и техн. эксперим. 2008. № 5. С. 165.
 9. *Шмаргунов В.П., Полькин В.В.* Аэрозольный счетчик на базе АЗ-5 // Приборы и техн. эксперим. 2007. № 2. С. 165.
 10. *Горчаков Г.И., Емиленко А.С., Свириденков М.А.* Однопараметрическая модель приземного аэрозоля // Изв. АН СССР. Физ. атмосф. и океана. 1981. Т. 17, № 1. С. 39–49.
 11. *Полькин В.В., Козлов В.С., Турчинович Ю.С., Шмаргунов В.П.* Сравнительный анализ микрофизических характеристик аэрозоля в морских и прибрежных районах Приморья // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24. № 6. С. 538–546.
 12. *Козлов В.С., Шмаргунов В.П., Полькин В.В.* Спектрофотометры для исследования характеристик поглощения света аэрозольными частицами // Приборы и техн. эксперим. 2008. № 5. С. 155–157.
 13. *Полькин В.В., Голобокова Л.П.* Сравнительные исследования химического состава аэрозоля в комплексных экспериментах в Приморье // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 675–683.
 14. *Химия нижней атмосферы* / Под ред. С. Расула. М.: Мир, 1976. 408 с.
 15. *Стоу Д.* Энциклопедия океанов / Пер. с англ. А.В. Гришина, К.А. Гришина. М.: ООО ТД «Издательство Мир книги», 2007. 256 с.
 16. *Michael J. Gataria, Johan Vomana.* Black carbon and total carbon measurements at urban and rural sites in Kenya, East Africa // Atmos. Environ. 2003. V. 37. P. 1149–1154.
 17. *Копейкин В.М., Репина И.А., Гречко Е.И., Огородников Б.И.* Измерения содержания сажевого аэрозоля над водной поверхностью в Южном и Северном полушариях // Оптика атмосф. и океана. 2010. Т. 23, № 6. С. 444–450.
 18. *Бримблжум П.* Состав и химия атмосферы. М.: Мир, 1988. 351 с.
 19. *Полькин В.В., Щелканов Н.Н., Голобокова Л.П., Панченко М.В.* Сравнение методик оценки вклада континентальных и морских источников в ионный состав приводного аэрозоля Белого моря // Оптика атмосф. и океана. 2008. Т. 21, № 1. С. 23–26.
 20. *Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2011 году.* Всемирная метеорологическая организация. 2012. ВМО № 1085. С. 2.

V.V. Polkin, Vas.V. Polkin, L.P. Golobokova, M.V. Panchenko, S.A. Terpugova, A.B. Tikhomirov.
On the interannual variability of the latitudinal distribution of microphysical and chemical parameters of near-water aerosol of Eastern Atlantic in 2006–2010.

In 2006–2010 in the 52–56th Russian Antarctic Expedition on the route RV "Akademik Fedorov" detailed measurements of the microphysical and chemical properties of aerosols were carried out along with detailed measurements of meteorological parameters and the parameters of the navigation upper ocean layer. We analyze the latitudinal distribution and interannual variability of integral aerosol parameters: aerosol number concentration N_a , aerosol mass concentration M_a and aerosol mass concentration of "soot" (black carbon) M_{bc} , the chemical composition of the soluble fraction of aerosol in the drive due to the variability of meteorological parameters on the transatlantic sectional view, taken in 2006–2010 years.