

Результаты комплексного аэрозольного эксперимента в переходной зоне «материк—океан» (Приморье и Японское море).

Часть 3. Микрофизические характеристики и ионный состав аэрозоля в приземном и приземном слоях

В.С. Козлов¹, В.В. Польшкин¹, М.В. Панченко¹, Л.П. Голобокова²,
Ю.С. Турчинович¹, Т.В. Ходжер^{2*}

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 19.07.2010 г.

Обсуждаются результаты одновременных аэрозольных измерений, выполненных весной 2009 г. в двух районах — вблизи г. Уссурийска (43,7° с.ш., 132,2° в.д.) и в Японском море с борта парусного учебного судна «Надежда». Для измерений массовых концентраций аэрозоля, сажи и распределения частиц по размерам использовались нефелометры типа ФАН, аэталометры и фотоэлектрические счетчики частиц АЗ-5 и GRIMM. Одновременно производились заборы проб воздуха на фильтры для определения ионного химического состава аэрозоля. Исследована пространственно-временная изменчивость микрофизического и химического состава аэрозоля, и показано, что весной 2009 г. в Дальневосточном регионе атмосфера характеризовалась высоким содержанием аэрозоля и сажи, сопоставимым с их содержанием над Каспийским морем и превышающим в 3 раза уровень концентраций на Белом море. Средние массовые концентрации аэрозоля и сажи, счетная концентрация частиц составили (17,5 ± 8,70) мкг/м³, (0,99 ± 0,72) мкг/м³, (22,0 ± 13,6) см⁻³ соответственно. Высокий уровень содержания аэрозоля и сажи обусловлен выносами в районы измерений континентального аэрозоля различной природы (пылевого, антропогенного, дымового) и морского аэрозоля из соседних регионов. Близость концентраций в Приморье и на Японском море свидетельствует о существовании среднего регионального аэрозольного фона. Химический состав аэрозоля в регионе на 80% определяется континентальными источниками частиц. В пылевых выбросах, которые в большинстве случаев формировали ионный состав, преобладает субмикронный аэрозоль. Содержание крупных частиц (радиусом около 2 мкм) в спектре размеров может служить индикатором пылевых выносов. Из сопоставления с другими районами следует, что максимальные концентрации ионов «континентального происхождения» SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ наблюдаются в Японском море, ионов «морского происхождения» Cl⁻, Na⁺, Mg²⁺ — в Белом море, а минимальные для большинства ионов — вблизи Антарктиды.

Ключевые слова: концентрация аэрозоля, концентрация сажи, распределение частиц по размерам, ионный химический анализ, континентальный и морской аэрозоль; aerosol concentration, black carbon concentration, particle size distribution, ion chemical analysis, continental and marine aerosols.

Введение

Важная роль атмосферного аэрозоля в радиационных процессах в атмосфере определяет необходимость изучения пространственной и временной изменчивости аэрозольных характеристик. Микрокристаллический углерод (BC — black carbon, сажа) является основной поглощающей компонентой в атмосферном аэрозоле и вносит определяющий вклад

в аэрозольное поглощение в видимой области спектра. Вследствие этого атмосферный аэрозоль, наряду с парниковыми газами, является важным климатообразующим фактором как в глобальном, так и в региональном масштабах. Особый интерес представляют комплексные исследования динамики аэрозольных характеристик в переходных зонах «материк—океан», подверженных влиянию источников аэрозоля различной природы. Весной 2009 г. с целью изучения пределов вариаций и особенностей пространственно-временной изменчивости аэрозоля был выполнен комплексный эксперимент в переходной зоне «материк—океан». Параллельно в двух районах — в прибрежной зоне на территории Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН в пос. Горностаежное (ГТ)

* Валерий Степанович Козлов (vkozlov@iao.ru); Виктор Викторович Польшкин (victor@iao.ru); Михаил Васильевич Панченко (rmv@iao.ru); Людмила Петровна Голобокова (lg@lin.irk.ru); Юрий Сергеевич Турчинович (tus@iao.ru); Тамара Викторовна Ходжер (khodzher@lin.irk.ru).

и в Японском море с борта парусного учебного судна (ПУС) «Надежда» – проводились круглосуточные измерения концентраций аэрозоля и сажи в приземном (приводном) слое воздуха и заборы проб аэрозоля на химический анализ. В этот же период велись регулярные аэрозольные измерения в Западно-Сибирском регионе (г. Томск). В настоящей статье проводятся анализ микрофизических характеристик и химического состава аэрозоля в Приморье, а также их сопоставление с данными одновременных весенних и многолетних микрофизических измерений в Западной Сибири (г. Томск).

1. Аппаратура и методика аэрозольных измерений

Измерения микрофизических параметров аэрозоля в пос. Горнотаежное Уссурийского района Приморского края (на удалении 80 км от океана) осуществлялись в приземном слое воздуха с помощью автоматизированного мобильного аэрозольного комплекса (аэрозольная станция) [1–4], который располагался на территории Уссурийской астрофизической обсерватории (Интернет-сайт: <http://www.uafo.ru>; 43,7° с.ш., 132,2° в.д.; GMT+11.00). Регистрация аэрозольных характеристик выполнялась круглосуточно с периодичностью 1 раз в час. Измерения коэффициента направленного рассеяния сухой основы субмикронных частиц под углом 45° проводились с помощью нефелометра типа ФАН (длина волны 0,51 мкм) чувствительностью около $1 \text{ Мм}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$. По данным о коэффициенте направленного аэрозольного рассеяния μ (45°) ($\text{Мм}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$) оценивается массовая концентрация субмикронного аэрозоля M_A ($\text{мкг}/\text{м}^3$) = $2,40\mu$ (45°) (с помощью однопараметрической модели атмосферных дымок [5]; для плотности частиц $1,5 \text{ г}/\text{см}^3$). Массовая концентрация сажи в составе аэрозольных частиц M_{BC} ($\text{мкг}/\text{м}^3$) измерялась с помощью аэталометра, по принципу действия, аналогичного используемому Хансеном [6]. Аэталометр реализует метод измерения диффузного ослабления света слоем аэрозольных частиц непосредственно в процессе их осаждения на аэрозольный фильтр. Аэталометр позволяет измерять массовую концентрацию сажи от 0,1 до $110 \text{ мкг}/\text{м}^3$ с чувствительностью около $0,1 \text{ мкг}/\text{м}^3$ при прокачке 20 л воздуха. Фотоэлектрический счетчик частиц типа АЗ-5 использовался для прибрежных измерений счетной концентрации N_A (см^{-3}) и распределения частиц по размерам в диапазоне диаметров 0,4–10 мкм. Вышеотмеченные приборы, особенности их калибровки и методики измерений детально описаны ранее [2–4]. Для измерений двух параметров приводного аэрозоля на ПУС использовался фотоэлектрический счетчик частиц фирмы GRIMM (модель 1.108), обеспечивающий регистрацию счетной концентрации частиц N_A в диапазоне диаметров 0,3–20 мкм и массовой концентрации частиц M_A ($\text{мкг}/\text{м}^3$) размерами $d > 0,27 \text{ мкм}$.

Одновременно на стационарной Аэрозольной станции ИОА СО РАН, расположенной на окраине г. Томска (Интернет-адрес: <http://aerosol1.iao.ru>;

56,46° с.ш., 85,05° в.д.; GMT+7.00), выполнялись аналогичные отмеченным выше измерения микрофизических характеристик аэрозоля. Измерения на аэрозольной станции в непрерывном режиме (начиная с мая 1996 г.) позволили накопить ряды многолетних измерений, оценить характерные для Западно-Сибирского региона средние модели аэрозольных параметров в приземном слое.

Исследование химического состава приземного и приводного аэрозоля осуществлялось методом отбора проб атмосферного воздуха на фильтры с последующим их анализом в лабораторных условиях. Параллельный отбор проб на станции ГТ проводился на фильтры аспиратора («воронка», 4 фильтра), а по маршруту движения ПУС «Надежда» на фильтры аспиратора и импактора (фильтры на двух каскадах – для частиц больше и меньше 1 мкм) [7]. Накопление аэрозоля на фильтры составляло 7–10 ч, скорость прокачки воздуха для аспиратора $12 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, через каналы импактора $5 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$. Химический анализ собранных проб осуществлялся в лабораторных условиях по методикам, описанным в [8–14]. В водных вытяжках аэрозольных фильтров определялись концентрации ионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} . Концентрации газообразных соединений SO_2 , NO_2 , HNO_3 , NH_3 определялись расчетным методом, исходя из анализа соответствующих им ионов.

2. Результаты изучения микрофизических характеристик приземного и приводного аэрозоля в районах Приморья и Японского моря

Временные развертки измеренных интегральных аэрозольных параметров для аэрозольной станции ГТ и ПУС «Надежда» за период с 5 апреля по 11 мая представлены на рис. 1.

Временная шкала была разбита на два временных интервала: I – начальный этап измерений на станции ГТ с 5 по 13 апреля, когда вариации параметров приземного аэрозоля во многом определялись поступлением в район измерения тонкодисперсного аэрозоля от дымов лесных пожаров и палов растительности, и II – последующий временной период, в течение которого наблюдались случаи, когда приземный и приводный аэрозоль подвергались значительному воздействию выносов континентального аэрозоля. Статистические данные этих параметров для указанных временных интервалов представлены в табл. 1.

Оценки средних значений аэрозольных концентраций свидетельствуют о том, что приземный и приводный слои воздуха в весенний период измерений характеризовались достаточно высоким содержанием аэрозоля и сажи. На распространение дымового аэрозоля и пылевых выбросов в значительной степени влияло прохождение атмосферных образований,

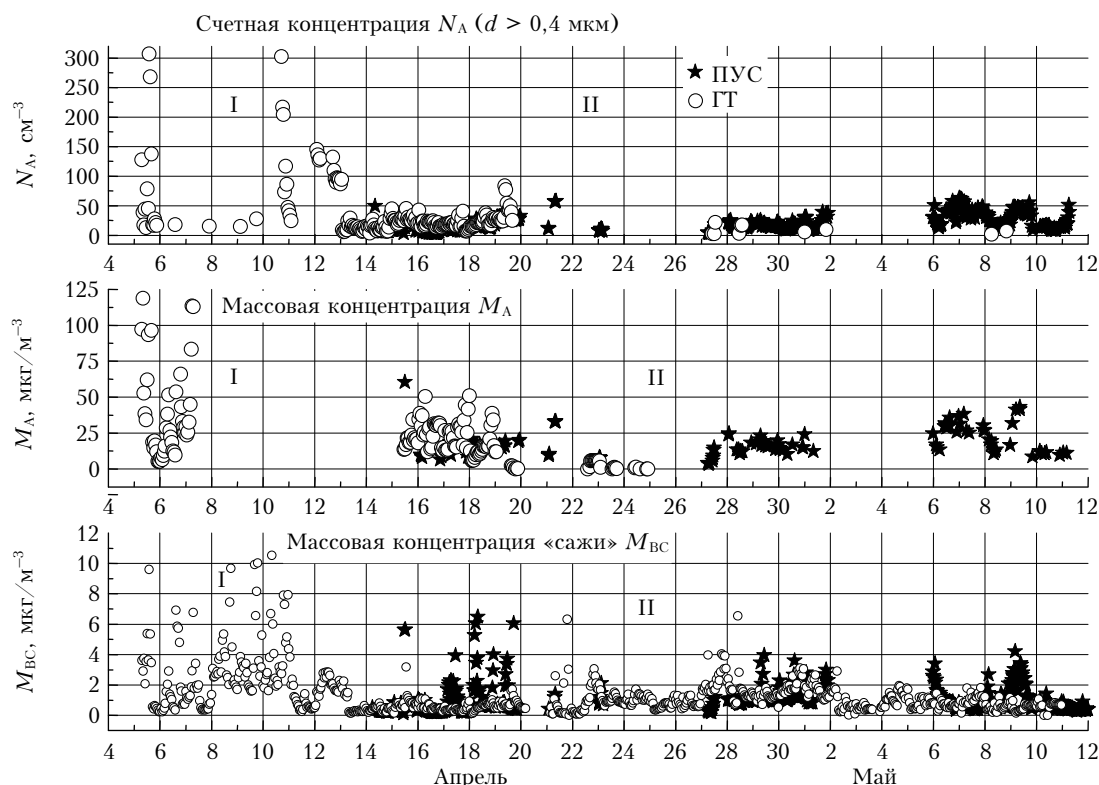


Рис. 1. Временной ход счетной концентрации N_A и массовых концентраций субмикронного аэрозоля M_A и микрокристаллического углерода M_{BC} по данным измерений на станции Горнотаежная и ПУС «Надежда»

Таблица 1

Средние значения, СКО, пределы изменения и количество измерений аэрозольных концентраций на станции ГТ и на ПУС для двух периодов наблюдений

Параметр		I (5–13 апреля)		II (14 апреля – 11 мая)	
		Среднее \pm СКО/min/max	N	Среднее \pm СКО/min/max	N
$N_A, \text{см}^{-3}$	ПУС	–	–	$22,0 \pm 13,6/2,92/62,8$	525
	ГТ	$64,3 \pm 72,6/5,6/306,7$	64	$21,9 \pm 11,8/1,57/83,4$	147
$M_A, \text{мкг}/\text{м}^3$	ПУС	–	–	$17,7 \pm 8,70/3,23/43,0$	118
	ГТ	$38,2 \pm 32,4/5,1/118,8$	44	$17,3 \pm 12,1/0,05/50,9$	115
$M_{BC}, \text{мкг}/\text{м}^3$	ПУС	–	–	$1,01 \pm 1,16/0,108/21,9$	689
	ГТ	$2,35 \pm 2,1/0,161/10,6$	209	$0,98 \pm 0,72/0,011/6,55$	615

обусловленных во многом сменой направления и скорости ветра. Весенний период измерений в обоих пунктах характеризовался неустойчивой погодой и частой сменой воздушных масс (антициклоны – циклоны). Так, синоптическая циркуляция обусловила сильную межсуточную изменчивость во временном ходе концентрации сажи в прибрежной зоне (см. рис. 1). Например, для станции ГТ на временной развертке массовой концентрации сажи наблюдаются несколько выраженных максимумов. Анализ обратных 3-суточных траекторий переноса воздушных масс, выполненный на основе модели NOAA HYSPLIT (<http://www.ready.noaa.gov/ready/hysplit4.html>), показал, что эти максимумы в основном обусловлены приходом воздушных масс с материка. Так, 22–23 и 27–28 апреля они связаны с воздушными массами с северо-восточного и северного направлений, а наблюдаемые 1, 4 и 7 мая – с воздушными массами с западного и юго-

западного направлений. Следует отметить, что в апреле в наземном пункте в основном наблюдались воздушные массы с севера и северо-запада, однако в мае преобладающими стали дальние переносы с западного и юго-западного направлений. Из этого следует, что на майские измерения могли повлиять пылевые выносы с пустынных территорий Гоби. Из анализа обратных траекторий за полный период измерений следует, что в прибрежной зоне в основном наблюдался аэрозоль континентального происхождения. В отдельной реализации 17 апреля аэрозоль мог в основном определяться источниками морского происхождения за счет прихода воздушной массы с юга – со стороны Японского моря. Этот факт подтвердился данными химического анализа аэрозоля.

Анализ данных (рис. 1 и табл. 1) показывает, что на I этапе средние значения и вариации аэрозольных концентраций значительно выше, чем на II.

Максимальные аэрозольные замутнения воздуха достигались в начальный период экспедиции в приземном слое при воздействии лесных пожаров. На II этапе измерений, несмотря на более высокие значения СКО для данных, полученных на ПУС в сравнении с данными станции ГТ, средние значения измеряемых параметров в прибрежных и приводных условиях близки между собой.

Близость наблюдаемых средних значений концентраций аэрозоля и сажи для двух районов позволяет сделать важный вывод о существовании в период измерений для Приморья и Японского моря общего среднего регионального фона аэрозольных характеристик для приземного и приводного аэрозоля, исключая ситуации влияния дымового аэрозоля.

По данным одновременных аэрозольных измерений в г. Томске получены массивы, содержащие 1380 часовых реализаций для счетной концентрации частиц, 1373 — для массовой концентрации аэрозоля и 1284 — для концентрации сажи. Наблюдаются согласованные временные вариации аэрозольных параметров. Пределы изменения характеристик широки и составили $1,5\text{--}206\text{ см}^{-3}$ для счетной концентрации частиц, $0,7\text{--}220\text{ мкг/м}^3$ для концентрации аэрозоля и $0,07\text{--}4,2\text{ мкг/м}^3$ для концентрации сажи. В периоды 22–27 апреля и 7–12 мая наблюдались повышенные значения, обусловленные дымами от палов растительности. В незадымленной атмосфере средние значения аэрозольных концентраций составили: $(19,8 \pm 21,1)\text{ см}^{-3}$ для счетной концентрации частиц; $(21,2 \pm 16,5)\text{ мкг/м}^3$ для массовой концентрации аэрозоля; $(0,68 \pm 0,60)\text{ мкг/м}^3$ для массовой концентрации сажи. Сравнение этих данных с полученными на станции ГТ и в рейсе ПУС (см. табл. 1) показало, что массовые концентрации аэрозоля и сажи в Дальневосточном регионе несколько выше, чем в Западной Сибири, однако эти различия не столь велики и находятся в пределах изменения СКО. Можно считать, что рассматриваемые пункты измерений сходны по динамике изменения аэрозольных и метеорологических характеристик в исследуемый весенний период года.

Близость средних концентраций и распределений частиц по размерам в разнесенных на большое расстояние регионах следует связывать с тем, что оба пункта измерений находятся в континентальной среднеширотной зоне, а также тем, что в апреле в пос. Горностаежное преобладало поступление воздушных масс с северного и северо-западного направлений, т.е. из зоны Сибири. Известно, что субмикронный аэрозоль, имея большое время жизни, может переноситься на глобальные расстояния в тысячи километров. В пользу дальнего переноса аэрозоля может выступать и определенное сходство динамики синоптических ситуаций в обоих пунктах измерений. Следует предположить, что в обоих пунктах в весенний период в основном наблюдался аэрозоль континентального происхождения.

По данным регулярных измерений аэрозольных концентраций в Западной Сибири в 1997–2006 гг. ежечасные значения массовых концентраций аэрозоля M_A и кристаллического углерода M_{BC} варьируют

в пределах $3\text{--}570$ и $0,1\text{--}25\text{ мкг/м}^3$ соответственно. Для среднемесячных данных соответствующие диапазоны вариаций сужаются до $12\text{--}95$ и $0,7\text{--}3\text{ мкг/м}^3$. Сравнение полученных весенних средних концентраций аэрозольных характеристик в Приморье и в г. Томске с соответствующими данными многолетних измерений в Западной Сибири [15] показывает их удовлетворительное согласие в пределах долговременных межгодовых вариаций.

Результаты измерений (см. рис. 1 и табл. 1) иллюстрируют широкий диапазон изменчивости аэрозольных концентраций (около двух порядков величины) как в прибрежном, так и в морском районах. На рис. 2 дана более детальная картина временной динамики содержания аэрозоля и сажи в рейсе ПУС «Надежда».

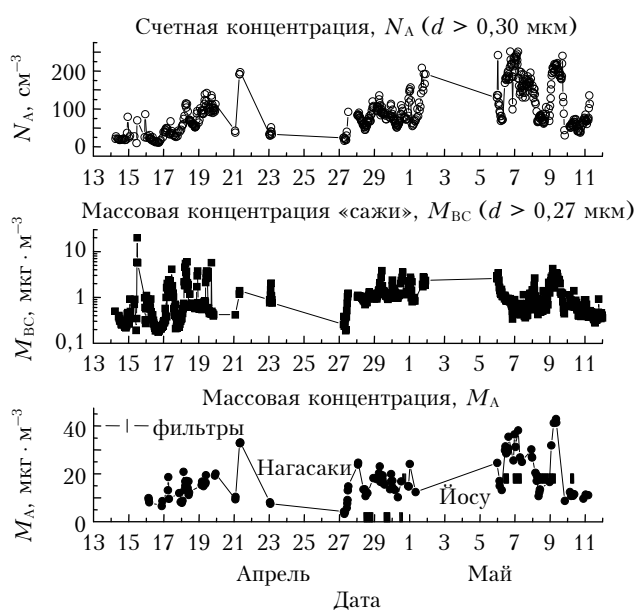


Рис. 2. Временная развертка вариаций интегральных аэрозольных концентраций приводного аэрозоля в рейсе ПУС в Японском море

Приведенные данные были использованы для детального анализа пространственно-временной изменчивости микрофизических характеристик аэрозоля и факторов, определяющих эту изменчивость. Обращает на себя внимание согласованная изменчивость всех аэрозольных характеристик. На вариации содержания аэрозоля и сажи значительное влияние оказывали изменения синоптической ситуации в процессе движения ПУС по маршруту (прохождение воздушных масс — циклонов и антициклонов), смена направления и скорости ветра в точке измерения, а также проявления локальных источников аэрозоля по трассе движения судна и на стоянках.

В синоптическом масштабе времени динамика содержания аэрозоля и сажи и всплески аэрозольных концентраций над Японским морем определяются совокупным действием слабо скоррелированных между собой источников аэрозолей различной природы. Это генерация и воздушный перенос собственно морского водного аэрозоля, антропогенного

аэрозоля из промышленных районов Северо-Восточного Китая и Японии, пылевых выносов на акваторию моря из пустыни Гоби.

Наиболее высокие значения концентраций аэрозоля и сажи наблюдались 21.04 (порт Нагасаки), 01.05 (порт Йосу) и 09.05 в центральной части Японского моря (рис. 2). Минимальные замутнения, характерные для условий чистой атмосферы, регистрировались 10–12 апреля в центральной части Японского моря. Вполне понятно то, что наблюдается слабая согласованность вариаций и проявления аэрозольных максимумов в Приморье и над акваторией Японского моря, разнесенных на сотни километров. Повышенные аэрозольные концентрации на станции ГТ на начальной стадии экспедиции были обусловлены влиянием локальных источников – дымов лесных пожаров и палов растительности (см. рис. 1). Максимумы концентрации приводного аэрозоля в основном обусловлены совокупным воздействием источников антропогенного, пылевого и водного морского аэрозоля.

Определение вклада различных источников в состав аэрозоля в районе наблюдений в реальном масштабе времени является весьма сложной задачей. С позиций оптических исследований она требует выявления информативных признаков и разработки методики селекции различных типов аэрозоля. Вероятнее всего, для аэрозольных максимумов в районах портов Нагасаки и Йосу основной причиной замутнения приводной атмосферы является повышенное содержание антропогенного аэрозоля. В центральной части моря в составе частиц возрастает роль водного морского аэрозоля. В настоящее время наиболее развитыми для определения природы аэрозоля являются методы химического анализа вещества аэрозольных частиц.

Для оценки влияния выносов аэрозоля с континента на распределения объема аэрозольных частиц по размерам были рассмотрены периоды повышенных концентраций 18, 29, 30 апреля, 9 мая и слабозамутненной («фоновой») атмосферы 16 апреля и 8, 10 мая (рис. 3).

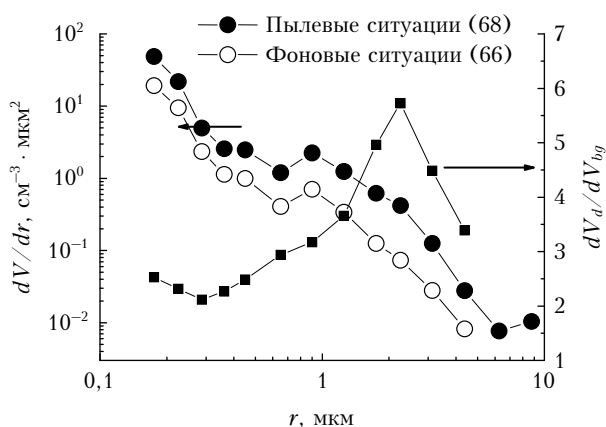


Рис. 3. Распределения по размерам объема аэрозольных частиц в рейсе ПУС в условиях «пылевых» выносов и «фоновой» атмосферы и параметр соотношения дифференциальных концентраций «пыли» dV_d и «фона» dV_{bg} (цифрами указано количество измерений)

Из рис. 3 следует, что во время континентальных выносов наблюдается увеличение вклада аэрозольных частиц во всем диапазоне размеров. Из отношения дифференциального объема пыли $dV_d(r)$ к дифференциальному объему «чистой» атмосферы $dV_{bg}(r)$ видно, что наибольшее увеличение объемов происходит для частиц размером $r \approx 2$ мкм (до 6 раз) и значительно меньшее – для мелких частиц $r < 0,3$ мкм (до 2,5 раза). Если исходить из известных представлений о микроструктуре атмосферного аэрозоля [16], то наблюдаемое в данном случае в воздушной массе повышенное содержание (фракция) крупнодисперсных частиц является признаком пылевой природы аэрозоля, т.е. свидетельствует в пользу поступления в район измерений пылевых выносов из пустыни Гоби.

С целью оценки вклада Приморья и Японского моря в глобальное пространственное распределение аэрозоля и сажи в атмосфере Земли представляет интерес сравнить интегральные микрофизические характеристики аэрозоля и его объемные распределения по размерам в районах станций ГТ и ПУС с аналогичными данными, полученными нами ранее в измерениях на Каспийском море (в условиях пылевых выносов [17]), в Западной Сибири (г. Томск, одно-временные весенние измерения и средние значения для весеннего периода 1999–2003 гг. [18]), на Белом море [19] и на антарктических полярных станциях [20–22]. Полученные выше оценки средних интегральных аэрозольных концентраций на Горнотаежной станции, в рейсе ПУС по Японскому морю, в Западной Сибири неплохо согласуются между собой (в пределах СКО). Далее для характеристики средних значений в весенний период в Приморье и Западной Сибири мы будем использовать значения, полученные для приводного аэрозоля Японского моря.

В табл. 2 приведены средние интегральные концентрации аэрозоля и сажи, характеризующие пространственно-временную изменчивость атмосферного аэрозоля для всех указанных выше географических районов.

Сопоставим средние характеристики, полученные в Японском море, с соответствующими характеристиками для других районов. Средние значения параметров для Японского моря близки к соответствующим значениям для Каспийского моря в период пылевых выносов из аридных зон Казахстана и Туркмении. Однако диапазон вариаций характеристик ниже, чем на Каспии, на 2–3 порядка, а средняя концентрация сажи в среднем в 2 раза выше. Средние значения характеристик для Японского моря существенно превышают наблюдаемые над акваторией Белого моря в среднем в 2,7–3,1 раза по всем интегральным аэрозольным концентрациям. Из табл. 2 видно, что концентрации для «фоновой» акватории Белого моря, как наиболее чистой среди рассмотренных «внутренних» морей, в среднем в 5 раз превышают аэрозольные концентрации в районе Антарктиды.

На рис. 4 проводится аналогичное сопоставление Японского моря с другими регионами для объемных распределений аэрозольных частиц по размерам.

Таблица 2

Средние, минимальные, максимальные значения интегральных аэрозольных концентраций и количество измерений в различных районах

Район	$M_A, \text{мкг} \cdot \text{м}^{-3}$	$M_{BC}, \text{мкг} \cdot \text{м}^{-3}$	$N_A, \text{см}^{-3}$
Японское море	17,7/3,23/43,3/118	0,95/0,77/5,64/685	21,9/2,9/62,8/525
	2,8	3,1	2,7
Северный Каспий	17,6/0,95/100,9/242	0,41/0,003/2,7/229	15,7/2,09/69,2/243
	2,8	1,3	1,9
Белое море	6,3/0,16/35,7/1289	0,31/0,003/4,68/1026	8,22/0,018/76,2/1460
	1	1	1
Антарктические станции, 53-я РАЭ	1,24/0,012/25,4/627	0,065/0,002/0,895/470	2,16/0,16/14,4/720
	0,2	0,2	0,26

Примечание. Под чертой – значения интегральных параметров, нормированные на средние значения для Белого моря; 53-я РАЭ – Российская антарктическая экспедиция, 2008 г.

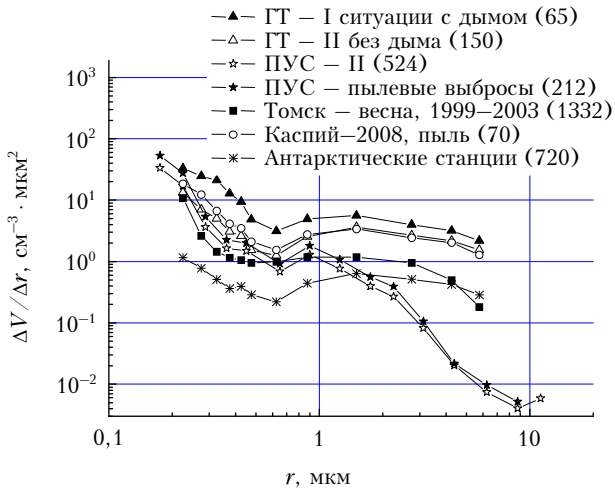


Рис. 4. Распределения объема частиц по размерам (объемные распределения) $\Delta V/\Delta r$ в прибрежной зоне (ГТ) и на ПУС «Надежда» в сравнении с данными для других географических районов

Следует отметить, что все распределения частиц по размерам содержат мелко- и крупнодисперсную фракции частиц и в основном отличаются абсолютными значениями концентраций этих фракций. Дифференциальные концентрации варьируют для различных регионов на величину более одного порядка. В субмикронном диапазоне размеров распределения объема частиц по размерам над Японским морем (ПУС II) неплохо согласуются со средними распределениями для станции ГТ (ГТ II), с многолетними данными в Западной Сибири (Томск) и с распределением для условий пылевых выносов из аридных районов Казахстана и Туркмении на акваторию Каспия [17]. Обращают на себя внимание более высокие (примерно в 3 раза) концентрации крупных частиц $r \approx 2$ мкм в Приморье (ГТ II) и над Каспийским морем по сравнению с континентальным районом (Томск, бореальные леса). Это является важным признаком проявления влияния пылевых выбросов на результаты измерений в Приморье и на Каспии. К сожалению, данные для ПУС в диапазоне частиц

больших 1 мкм по радиусу были искажены значительными потерями крупных частиц в заборном устройстве ФСЧ GRIMM. Для устранения этого недостатка требуется доработка воздухозаборной магистрали прибора.

3. Исследование ионного химического состава приземного и приводного аэрозоля в районах Приморья и Японского моря

За весь период измерений в апреле–мае 2009 г. проведены 22 серии забора аэрозоля на фильтры аспиратора типа «воронка» на Горнотаежной станции и 8 серий совместно с импактором на судне в Японском море по маршруту Владивосток – Нагасаки – Йосу – Владивосток.

На рис. 5 представлены средние значения массовых концентраций ионов и соединений для измерений на Горнотаежной станции и ПУС «Надежда».

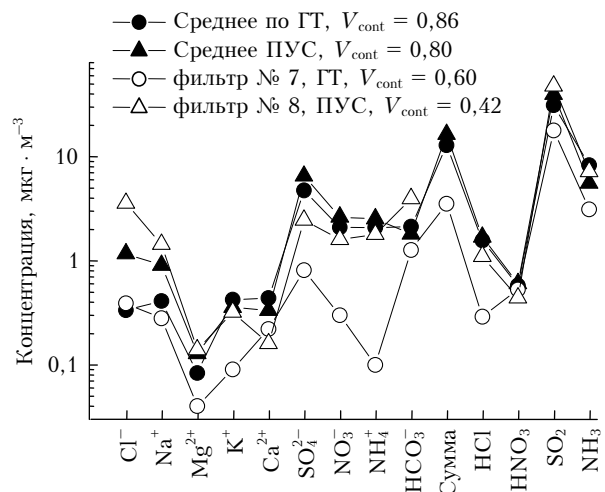


Рис. 5. Средние значения массовых концентраций различных ионов и химических соединений для станции Горнотаежная и ПУС «Надежда». Обозначение «Сумма» на оси абсцисс соответствует полной концентрации всех ионов

Отдельно приведены данные по фильтру № 7 для ГТ и по фильтру № 8 для ПУС, как наиболее контрастно отличающиеся от остальных данных. В первом случае воздушная масса пришла в прибрежную зону со стороны Японского моря и, следовательно, формировалась под воздействием морских источников аэрозоля. Во втором случае измерения проводились непосредственно в наиболее чистой центральной части Японского моря, где также следует ожидать повышенный вклад аэрозоля морской природы.

Анализ данных табл. 1 и рис. 5 показывает, что в среднем суммарная концентрация ионов и отдельных элементов для ПУС выше, чем для ГТ. Это объясняется тем, что концентрация исследуемого аэрозоля, формируемая в приводном слое за счет континентальных и морских источников, была выше, чем на станции ГТ.

Оценка вклада континентальных и морских источников в формирование ионного состава приводного или приземного аэрозоля производилась на основе анализа массовой концентрации ионов континентального и морского происхождения с использованием долевых факторов V_{cont} и V_{ocean} [7, 23]. Так, фактор V_{cont} равен отношению суммарной массы в составе аэрозоля ионов континентального происхождения к полной массе всех ионов. Из рис. 5 с учетом долевых факторов следует, что ионный состав приземного и приводного аэрозоля в районах измерений подвержен сильному воздействию континентальных источников. Увеличение вклада континентальных источников аэрозоля в массовую концентрацию ионов сопровождается увеличением концентраций для ионов Ca^{2+} (только для ПУС), K^+ (только для ГТ), SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ и соединений HCl , HNO_3 (только для ПУС) и NH_3 (только для ГТ). Для случая, когда вклад континентальных источников меньше 60%, т.е. начинают преобладать морские источники, наблюдаются повышенные значения концентраций ионов Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} (только для ПУС), HCO_3^- и соединений SO_2 и NH_3 (только для ГТ).

На рис. 6 приведены для всех исследованных аэрозольных фильтров на Горнотаежной станции (а) и на ПУС (б) рассчитанные значения долевых факторов V_{cont} (1) и V_{ocean} (2). На рис. 6, б дополнительно представлены для всех фильтров в рейсе ПУС значения соотношения концентраций субмикронных N_{cy6} ($0,15 < r < 0,5$ мкм) и грубодисперсных $N_{гр}$ ($r > 0,5$ мкм) частиц для отдельных маршрутных участков забора проб.

Из рис. 6 видно, что ионный состав приводного аэрозоля в районе измерений подвержен сильному воздействию континентальных источников: в большинстве проб значение V_{cont} находится на уровне 0,8 или выше. Исключением являются фильтр № 7 (ГТ) и фильтр № 8 (ПУС), для которых наблюдаются повышенные значения V_{ocean} . Для последнего фильтра отбор пробы проводился в чистом районе в центральной части Японского моря, где следует ожидать повышенный вклад морских источников. Обратим внимание, что во всех случаях, когда преобладал вклад континентальных источников, отношение $N_{cy6}/N_{гр}$ было тоже высокое. И только в чистом от пылевых

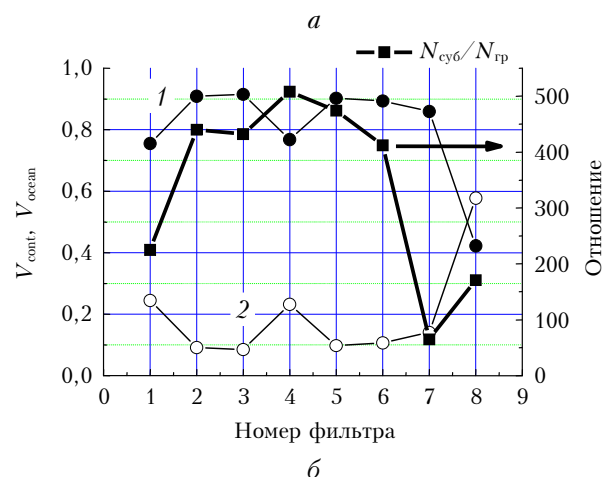
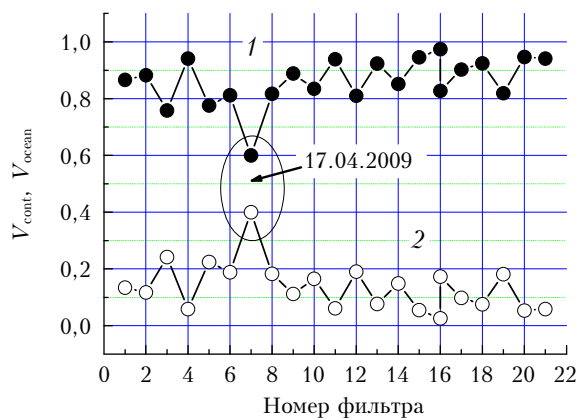


Рис. 6. Факторы долевого вклада ионов континентального V_{cont} (1) и морского V_{ocean} (2) происхождения в суммарный состав ионов и соотношение счетных концентраций субмикронных N_{cy6} ($0,15 < r < 0,5$ мкм) и грубодисперсных $N_{гр}$ ($r > 0,5$ мкм) частиц, усредненных по участкам забора проб – $N_{cy6}/N_{гр}$, для данных, полученных на ст. ГТ (а) и в рейсе ПУС «Надежда» (б)

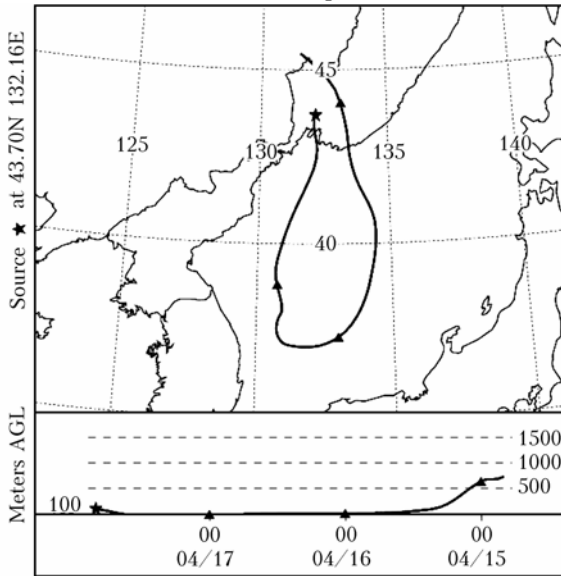
выбросов районе (фильтр № 8) это отношение мало. Этот факт свидетельствует о том, что в пылевых выбросах, которые в большинстве случаев формировали ионный состав, преобладает субмикронный аэрозоль.

Подтверждением повышенных значений V_{ocean} для фильтров № 7 (ГТ) и 8 (ПУС) служат результаты анализа обратных трехсуточных траекторий переноса воздушных масс в эти даты на высоте 10–100 м на основе модели NOAA HYSPLIT MODEL.

Из рис. 7, а видно, что 3-суточная обратная траектория переноса воздушной массы на станцию ГТ начиналась в прибрежной зоне, вблизи от ГТ, вошла с севера в Японское море, где достигла центральной зоны и по кольцеобразной дуге вернулась в пункт измерений к станции ГТ (обозначена на рисунке звездочкой).

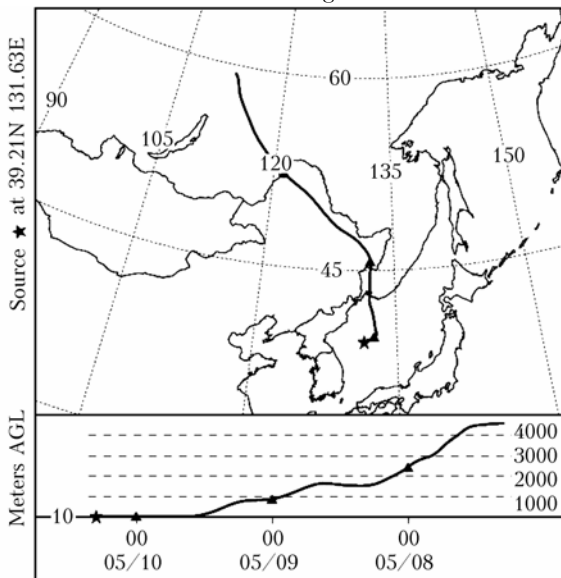
Почти вся часть траектории пролегла над морем, что и определило увеличение вклада морских источников в состав аэрозоля величиной $V_{ocean} = 0,4$ для фильтра № 7. Траектория воздушной массы на рис. 7, б на ПУС начиналась в Северном материковом районе Китая, в течение 1,5 сут дошла до Японского моря и за 0,5 сут до центральной части моря,

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 2000 UNC 17 Apr 09
GDAS Meteorological Data



a

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 0700 UNC 10 May 09
GDAS Meteorological Data



b

Рис. 7. Обратные трехсуточные траектории прихода воздушных масс на высоте 100 м на ст. ГТ для фильтра № 7 (a – со стороны Японского моря, 17 апреля), на ПУС «Надежда» для фильтра № 8 (б – 10 мая)

где 1 сут находилась в условиях штилевой погоды и пришла к ПУС. Первую половину времени трасса проходила над материком на высотах 1–2 км, на которых содержание аэрозоля существенно ниже, чем в приземном слое. На второй стадии трасса пролегала вблизи от морской поверхности. Отмеченные особенности предопределили более значительный вклад морских источников в химический состав аэрозоля: $V_{\text{ocean}} = 0,6$.

На рис. 8 представлены усредненные значения концентраций ионов и соединений для высоких и низких значений континентального долевого фактора ($V_{\text{cont}} > 0,7$ и $V_{\text{cont}} < 0,5$).

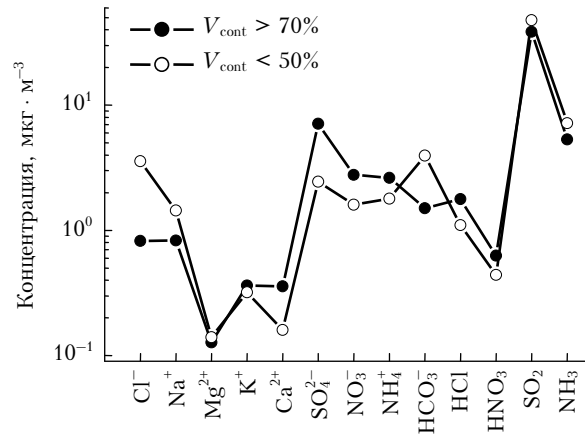


Рис. 8. Средние концентрации ионов и химических соединений для повышенного вклада континентальных ($V_{\text{cont}} > 0,7$) и морских ($V_{\text{cont}} < 0,5$) источников в состав аэрозоля

Анализ данных показывает, что влияние континентальных источников аэрозоля проявляется в повышенных значениях концентраций ионов Ca^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ и соединений HCl и HNO_3 . Когда вклад континентальных источников меньше 50% (фильтр № 8, где преобладают морские источники), наблюдаются повышенные концентрации ионов Cl^- , Na^+ , HCO_3^- и соединений SO_2 и NH_3 .

На рис. 9 приводятся средние массовые концентрации исследуемых ионов и соединений, полученные в зоне Японского и Каспийского морей [17] и других высокоширотных регионах Северного (Белое море [7, 19, 24, 25, 29]) и Южного (антарктические станции [20–22]) полушарий.

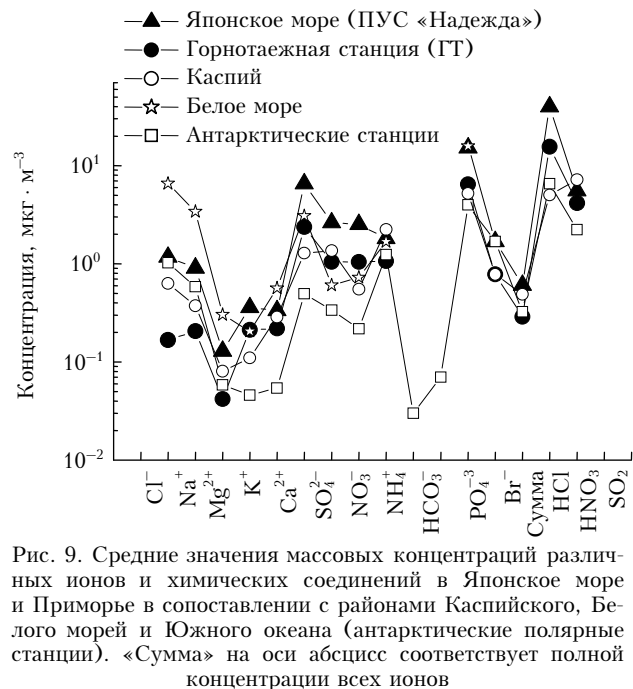


Рис. 9. Средние значения массовых концентраций различных ионов и химических соединений в Японское море и Приморье в сопоставлении с районами Каспийского, Белого морей и Южного океана (антарктические полярные станции). «Сумма» на оси абсцисс соответствует полной концентрации всех ионов

Видно, что данные по ионному составу аэрозоля в зоне Японского моря хорошо согласуются с результатами, ранее полученными нами для приводного аэрозоля Каспия при выносах пыли из аридных районов Казахстана и Туркмении [17], а также с данными исследователей, изучавших приводный аэрозоль на о. Чжечжу (Jeju) в южной части Корейского полуострова при выносах пыли с Азиатского континента [26].

Средние значения массовых концентраций ионов и соединений, полученные в рейсе ПУС «Надежда» [27], были сопоставлены с нашими данными в районах выносов пылевого аэрозоля на Каспийском море [17] и в других высокоширотных регионах Северного и Южного полушарий [7, 19–22, 24, 25, 28, 29]. Следует отметить, что из рассмотренных регионов экспедиционных исследований наиболее высокие суммарные концентрации ионов наблюдались в Японском море. Концентрации «континентальных ионов» Ca^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ и K^+ , а также соединений SO_2 и NH_3 в Японском море также значительно превышают соответствующие данные для других районов. Подобный вывод согласуется с результатами, полученными другими авторами, которые исследовали приводной аэрозоль в зоне выноса пылевого аэрозоля с Азиатского континента [26, 30, 31].

Максимальные концентрации ионов «морского происхождения» Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} наблюдаются в Белом море. Средние массовые концентрации «морских ионов», а также соединений HCl , HNO_3 в рейсе «Надежда» близки к данным, полученным в Атлантическом океане вблизи Европейского континента [32]. Минимальные концентрации большинства ионов «континентального» и «морского» происхождения наблюдались на антарктических станциях вблизи Антарктиды.

Заключение

По результатам одновременных измерений в весенний период 2009 г. исследована пространственно-временная изменчивость, микрофизические характеристики и химический состав атмосферного аэрозоля в зоне Японского моря (Приморье и морская акватория). Анализ характеристик аэрозоля в различных районах океана, прилегающих к континентам, показал, что максимальное аэрозольное замутнение наблюдается весной в зоне Японского моря. Эта особенность обусловлена значительным влиянием на состав атмосферы выносов пылевого, антропогенного, морского и дымового аэрозолей. Диапазон вариаций интегральных параметров аэрозоля (M_A , M_{BC} , N_A) в приводном и приземном слоях достигал двух порядков. Весенние измерения показали близость средних концентраций аэрозоля и сажи в Японском море и в Приморье, что свидетельствует о существовании среднего регионального фона в переходной зоне «материк–океан», охватывающей акваторию Японского моря.

В условиях пылевых выносов происходит рост дифференциальных объемов аэрозольных частиц. Максимальное увеличение объемов наблюдается для

частиц радиусами около 2 мкм (до 6 раз). Это свойство динамики спектра размеров может использоваться в качестве информативного признака для индикации пылевых выносов в районе измерений.

Концентрации аэрозоля и сажи в зоне Японского моря близки к данным одновременных весенних и осредненных многолетних измерений в континентальной зоне (Западная Сибирь, г. Томск). Основные различия с данными по Западной Сибири проявились в том, что в зоне Японского моря в распределениях по размерам наблюдается повышенное (до 4 раз) содержание крупнодисперсных частиц радиусами более 1 мкм. Это следует объяснять значительным вкладом в состав аэрозоля пылевых выносов из пустыни Гоби.

Средние значения интегральных параметров и распределений частиц по размерам для зоны Японского моря близки к соответствующим значениям для Каспийского моря в период пылевых выносов с прилегающих опустыненных территорий. Это служит показателем определенного соответствия различных морских зон, подверженных воздействию пылевых выбросов. Однако диапазон вариаций характеристик ниже, чем на Каспии, на 2–3 порядка, а средняя концентрация сажи примерно в 2 раза выше. Средние значения всех интегральных аэрозольных концентраций для Японского моря существенно превышают значения (в среднем в 2,7–3,1 раза), полученные над акваторией Белого моря как наиболее чистой (фоновой) среди рассмотренных «внутренних» морей. В свою очередь интегральные параметры для Белого моря в среднем в 5 раз выше, чем наблюдаемые в районе Антарктиды.

Ионный состав аэрозоля в зоне Японского моря до 80% определяется континентальными источниками. В реализациях, когда преобладал вклад континентальных источников, отношение $N_{\text{суб}}/N_{\text{гр}}$ было высоким. Этот факт свидетельствует о том, что в пылевых выбросах, которые в большинстве случаев формировали ионный состав, преобладает субмикронный аэрозоль.

Анализ химического состава аэрозоля в зоне Японского моря показал, что влияние континентальных источников аэрозоля проявляется в повышенных значениях концентраций ионов Ca^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ и соединений HCl и HNO_3 . Для случая, когда вклад континентальных источников меньше 50%, наблюдаются повышенные концентрации ионов Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- и соединений SO_2 и NH_3 .

В среднем суммарная концентрация ионов и отдельных элементов для Японского моря выше, чем для Приморья. Этот результат объясняется тем, что массовая концентрация аэрозоля, формируемая в приводном аэрозоле за счет как континентальных, так и морских источников, выше, чем на станции ГТ.

Оценки факторов долевого вклада континентальных и морских источников аэрозоля хорошо согласуются с результатами анализа обратных трехсуточных траекторий переноса воздушных масс в пунктах измерений.

При сравнении различных регионов, прилегающих к морям в Северном и Южном полушариях,

установлено, что максимальные концентрации ионов «континентального происхождения» SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ наблюдаются в Японском море, ионов «морского происхождения» Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} — в Белом море, а минимальные для большинства ионов — вблизи Антарктиды.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта Сибирского отделения Российской академии наук № 75 и проекта № 20.1 Программы фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук.

1. Козлов В.С., Панченко М.В., Полюкин В.В., Шмаргунов В.П. Мобильный аппаратный комплекс для оперативных измерений концентраций аэрозоля и сажи в приземном слое воздуха // XIII Рабочая группа «Аэрозоли Сибири»: Тезисы докл. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2006. С. 58.
2. Шмаргунов В.П., Козлов В.С., Тумаков А.Г., Полюкин В.В., Панченко М.В. Автоматизированный аэрозольный нефелометр на базе ФАНа // Приборы и техн. эксперим. 2008. № 5. С. 165.
3. Козлов В.С., Шмаргунов В.П., Полюкин В.В. Спектрофотометры для исследования характеристик поглощения света аэрозольными частицами // Приборы и техн. эксперим. 2008. № 5. С. 155–157.
4. Шмаргунов В.П., Полюкин В.В. Аэрозольный счетчик на базе АЗ-5 // Приборы и техн. эксперим. 2007. № 2. С. 165.
5. Горчаков Г.И., Емиленко А.С., Свириденков М.А. Однопараметрическая модель приземного аэрозоля // Изв. АН СССР. Физ. атмосфер. и океана. 1981. Т. 17, № 1. С. 39–49.
6. Hansen A.D.A., Rosen H., Novakov T. The aethalometer — an instrument for the real-time measurement of optical absorption by aerosol particles // Sci. Total Environ. 1984. V. 36, N 1. P. 191–196.
7. Полюкин В.В., Голобокова Л.П., Погодаева Т.В., Козлов В.С., Коробов В.Б., Лисицын А.П., Панченко М.В., Пескова М.А., Ходжер Т.В., Шевченко В.П. Состав аэрозолей приводного слоя атмосферы над Белым морем во второй половине августа 2003 и 2004 гг. // Фундаментальные исследования океанов и морей / Гл. ред. Н.П. Лаверов. Кн. 2. М.: Наука, 2006. С. 413–439.
8. РД 52.24.383-95. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации аммиака и ионов аммония в водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. Ростов н/Д., 1995. 18 с.
9. РД 52.24.495-95. Методические указания. Методика выполнения измерений рН и удельной электропроводности вод. Ростов н/Д., 1995. 9 с.
10. ИСО 7890-86. Качество воды. Определение кальция и магния. Атомно-абсорбционный спектрометрический метод. М., 1987. 6 с.
11. Массовая концентрация хлорид- и сульфат-анионов в воде. Иркутск, 2004. 7 с.
12. Методика выполнения измерений массовой концентрации бромид-, иодид-, нитрат- и нитрит-анионов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Иркутск, 2008. 12 с.
13. Барам Г.И., Верещагин А.Л., Голобокова Л.П. Микроколонная высокоэффективная жидкостная хроматография с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды // Ж. анал. химии. 1999. Т. 54, № 9. С. 962–965.
14. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Моложникова Е.В., Макухин В.Л., Оболкин В.А., Маринайте И.И., Горш-

- ков А.Г., Кобелева Н.А., Потемкин В.Л. Мониторинг атмосферных аэрозолей Сибири и арктического бассейна России. Гл. 1 // Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 9. Аэрозоли Сибири. 2006. С. 58–148.
15. Козлов В.С., Панченко М.В., Яушева Е.П. Временная изменчивость содержания субмикронного аэрозоля и сажи в приземном слое атмосферы Западной Сибири // Оптика атмосфер. и океана. 2007. Т. 20, № 12. С. 1082–1085.
16. A preliminary cloudless standard atmosphere for radiation computation, World Climate Research Program, WCP-112. WMO/TD N 24. 1986. 60 p.
17. Полюкин В.В., Кабанов Д.М., Панченко М.В., Сакерин С.М., Турчинович С.А., Шмаргунов В.П., Ростов А.П., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Филиппова У.Г., Шевченко В.П., Лисицын А.П. Результаты исследований характеристик аэрозоля в акватории Каспийского моря в 29-м рейсе НИС «Рифт» // Оптика атмосфер. и океана. 2009. Т. 22, № 9. С. 831–837.
18. Pol'kin V.V. Temporal variability of microstructural parameters of near-ground aerosol. Part 1. Annual and seasonal variability // Proc. SPIE. 2004. V. 5743. P. 359–364.
19. Полюкин В.В., Панченко М.В., Грищенко И.В., Коробов В.Б., Лисицын А.П., Шевченко В.П. Исследования дисперсного состава приводного аэрозоля Белого моря в конце летнего сезона 2007 г. // Оптика атмосфер. и океана. 2008. Т. 21, № 10. С. 836–840.
20. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Козлов В.С., Панченко М.В., Полюкин В.В., Тихомиров А.Б., Власов Н.И., Радионов В.Ф., Смирнов А.В., Холбен Б.Н., Слуцкер И.А., Голобокова Л.П. Результаты исследований характеристик аэрозоля в 52-й РАЭ // Проблемы Арктики и Антарктики. СПб., 2007. № 77. С. 67–75.
21. Терпугова С.А., Полюкин В.В., Панченко М.В., Шмаргунов В.П. Исследования атмосферного аэрозоля в 53-й Российской Антарктической экспедиции // 6-я Международ. конф. «Естественные и антропогенные аэрозоли»: Тезисы докл. Санкт-Петербург. 7–10 октября 2008. С. 68–69.
22. Терпугова С.А., Полюкин В.В., Панченко М.В., Шмаргунов В.П., Тихомиров А.Б. Сравнительный анализ характеристик атмосферного аэрозоля в приводном слое атмосферы в 52-й и 53-й Российских Антарктических экспедициях // XV Рабочая группа «Аэрозоли Сибири»: Тезисы докл. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2008. С. 13.
23. Полюкин 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 атмосфер. и океана. 2008. Т. 21, № 1. С. 23–26.
24. Terpigova S.A., Polkin V.V., Panchenko M.V., Golobokova L.P., Kozlov V.S., Shmargunov V.P., Shevchenko V.P., Lisitzin A.P. Microphysical and chemical characteristics of near-water aerosol over White and Kara Seas // EGU General Assembly 2009. Geophys. Res. Abstracts. 2009. V. 11. EGU2009-11824.
25. Polkin V.V., Panchenko M.V., Golobokova L.P., Kozlov V.S., Shmargunov V.P., Khodzhher T.V., Shevchenko V.P., Lisitzin A.P. Average characteristics of microphysical and chemical compositions of near-water aerosol over White and Kara Seas // V Int. Conf. «Current Problems in Optics of Natural Waters» (ONW'2009). St.-Peterburg. Russia. September 8–11, 2009. Proc. 2009. P. 299–304.
26. Park S.H., Song C.B., Kim M.C., Kwong S.B., Lee K.W. Study on size distribution of total aerosol and water-soluble ions during an Asian dust storm event at Jeju island, Korea // Environ. Monit. and Assess. 2004. V. 93. P. 157–183.

27. *Полькин В.В., Панченко М.В., Терпугова С.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Филиппова У.Г.* Предварительные результаты исследования микрофизического и химического состава приводного аэрозоля в условиях пылевых выносов в Японском море на ПУС «Надежда» // XVI Рабочая группа «Аэрозоли Сибири». Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2009. С. 74.
28. *Полькин В.В., Голобокова Л.П., Стецюра Т.Ю., Панченко М.В., Ходжер Т.В.* Сравнение ионного состава аэрозольных проб в различных районах мирового океана // XIII Рабочая группа «Аэрозоли Сибири»: Тезисы докл. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2006. С. 5–6.
29. *Полькин В.В., Панченко М.В., Голобокова Л.П.* Ионный состав приводного аэрозоля Белого моря в августе 2003–2006 гг. // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20, № 11. С. 988–1003.
30. *Han J.S., Moon K.J., Anh J.Y., Hong Y.D., Kim Y.J., Ryu S.Y., Cliff S.S., Cahill T.A.* Characteristics of ion components and trace elements of fine particles at Gosan, Korea in spring time from 2001 to 2002 // *Environ. Monit. and Assess.* 2004. V. 92. P. 73–93.
31. *Sahu L.K., Kondo Y., Miyazaki Y., Kuwata M., Koike M., Takegawa N., Tanimoto H., Matsueda H., Yoon S.C., Kim Y.J.* Anthropogenic aerosols observed in Asian continental outflow at Jeju Island, Korea in spring 2005 // *J. Geophys. Res.* V. 114. D03301, doi: 10.1029/2008JD010306. 2009. P. 1–19.
32. *Allen A.G., Davison B.M., James J.D., Robertson L., Harrison R.M., Hewitt C.N.* Influence of Transport over a Mountain Ridge on the Chemical Composition of Marine Aerosols during the ACE-2 Hillcloud Experiment // *J. Atmos. Chem.* 2002. V. 41. P. 83–107.

V.S. Kozlov, V.V. Pol'kin, M.V. Panchenko, L.P. Golobokova, U.S. Turchinovich, T.V. Hodzher. **Results of integrated aerosol experiment in the continent–ocean transition zone (Primorye and the Sea of Japan). Part 3. Microphysical characteristics and ion composition of aerosol in the near-ground and near-water layers.**

Results are discussed of simultaneous aerosol measurements carried out in spring 2009 in two regions, near Ussurijsk (43.7°N, 132.2°E) and in the Sea of Japan onboard the training sailing vessel “Nadezhda”. The following instruments were used for measuring the mass concentrations of aerosol and black carbon as well as the particle size distribution: PhaN-type nephelometers, aethalometers, and AZ-5 and Grimm photoelectric counters of particles. In parallel, the aerosol samples were collected on filters for determination of the ion chemical composition of aerosol. The spatio-temporal variability of aerosol chemical and microphysical composition is studied. It is shown that the atmosphere of Far East region in spring 2009 was characterized by enhanced contents of aerosol and black carbon, comparable with that over Caspian Sea and exceeding the level of concentrations over White Sea by 3 times. The mean mass concentrations of aerosol and black carbon and the number concentration of particles were, respectively, $(17.5 \pm 8.70) \mu\text{g}/\text{m}^3$, $(0.99 \pm 0.72) \mu\text{g}/\text{m}^3$, and $(22.0 \pm 13.6) \text{cm}^{-3}$. The high concentrations of aerosol and black carbon were caused by emission of continental aerosol of different origin (dust, anthropogenic, smoke) and marine aerosol from neighbor regions to the region of measurements. Close values of the concentrations in Primorye and the Sea of Japan is evidence of existence of the mean regional aerosol background. About 80% of the aerosol chemical composition in the region is determined by continental particle sources. Submicron aerosol is prevalent in dust emissions, which formed the ion composition in the majority of events. The content of large particles (radius greater than 2 μm) in the size spectrum can be an indicator of dust emissions. It follows from comparison with other regions that the maximum concentrations of “continental origin” SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ are observed over the Sea of Japan, and of “marine origin” Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , over White Sea, and the minimum concentrations of the majority of ions are near Antarctica.