

Результаты исследований характеристик аэрозоля в акватории Каспийского моря в 29-м рейсе НИС «Рифт»

В.В. Польшкин¹, Д.М. Кабанов¹, М.В. Панченко¹, С.М. Сакерин¹,
С.А. Турчинович¹, В.П. Шмаргунов¹, А.П. Ростов¹, Л.П. Голобокова²,
Т.В. Ходжер², У.Г. Филиппова², В.П. Шевченко³, А.П. Лисицын^{3*}

¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

² Лимнологический институт СО РАН

664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3

³ Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН

117997, г. Москва, Нахимовский пр., 36

Поступила в редакцию 19.03.2009 г.

Представлены результаты исследований характеристик приводного аэрозоля по маршруту 29-го рейса НИС «Рифт», осенью 2008 г. в секторе Астрахань–Дербент–Актау. Определялись: аэрозольная оптическая толща в области спектра 0,3–2,14 мкм и общее влагосодержание атмосферы; счетная концентрация частиц N_a (см⁻³) и распределение частиц аэрозоля по размерам в диапазоне от 0,4 до 10 мкм по диаметру; массовая концентрация субмикронного аэрозоля M_a (мкг·м⁻³) и массовая концентрация микрокристаллического углерода («сажи») M_c (мкг·м⁻³); химический ионный состав растворимой части аэрозоля и газовых примесей – Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, SO₂, NO₂, HNO₃, NH₃.

Ключевые слова: приводный аэрозоль, аэрозольная оптическая толща, счетная и массовая концентрация частиц, микрокристаллический углерод, химический ионный состав.

В рамках программы 29-го рейса НИС «Рифт», осенью 2008 г. проведен цикл исследований атмосферного аэрозоля в северной части Каспийского моря. Специфика аэрозольного состава атмосферы в этом районе определяется генерацией частиц с морской поверхности, а также континентальными выносами из аридных районов Казахстана и Туркмении. Ниже представлены характеристики аэрозоля в приводном слое и во всей толще атмосферы.

Аппаратура и методики

Аэрозольная оптическая толща (АОТ) и общее влагосодержание атмосферы определялись с помощью портативного солнечного фотометра SPM, работающего в области спектра 0,3–2,14 мкм (14 каналов/интерференционных фильтров) [1]. Наблю-

дения проводились не реже 1 раза в час в ситуациях, когда Солнце не было закрыто облаками.

Методики определения спектральных АОТ – $\tau_\lambda^\alpha = \beta\lambda^{-\alpha}$, показателя селективности Ангстрема α , мелкодисперсной τ_f и грубодисперсной τ_c компонент АОТ, а также влагосодержания атмосферы W (г·см⁻²) представлены в [2, 3].

В измерениях характеристик приводного аэрозоля использовалась «аэрозольная станция» в составе того же комплекта аппаратуры [4–7], что и в наших предшествующих морских экспедициях: модифицированный нефелометр углового рассеяния типа ФАН, автоматизированный фотоэлектрический счетчик аэрозольных частиц (на базе счетчика АЗ-5) и измеритель массовой концентрации микрокристаллического углерода (аэталометр). Измерительные циклы (продолжительностью ~10 мин) проводились круглосуточно с периодичностью 0,5 ч. На основе полученных данных определялись следующие характеристики: счетная концентрация частиц N_a (см⁻³) в диапазоне размеров от 0,4 до 10 мкм по диаметру; массовая концентрация субмикронного аэрозоля M_a (мкг·м⁻³); массовая концентрация микрокристаллического углерода («сажи») M_c (мкг·м⁻³) и распределение частиц аэрозоля по объемам:

$$\Delta V_i / \Delta R_i = (4/3)\pi R_i^3 \Delta N_i / \Delta R_i,$$

* Виктор Викторович Польшкин (victor@iao.ru); Дмитрий Михайлович Кабанов (kam@iao.ru); Михаил Васильевич Панченко (pmv@iao.ru); Сергей Михайлович Сакерин (sms@iao.ru); Сергей Антонович Турчинович; Владимир Петрович Шмаргунов (vpsh@iao.ru); Андрей Петрович Ростов (rostov@iao.ru); Людмила Петровна Голобокова (lg@lin.irk.ru); Тамара Викторовна Ходжер (khodzher@lin.irk.ru); Ульяна Геннадьевна Филиппова (ulyana@lin.irk.ru); Владимир Петрович Шевченко (vshevch@ocean.ru); Александр Петрович Лисицын (lisitzin@ocean.ru).

где ΔV_i , ΔR_i и ΔN_i — объемы, радиусы и концентрации частиц в i -м поддиапазоне; R_i — средний радиус частиц i -го поддиапазона.

Для определения химического состава приводного аэрозоля и газовых примесей отбор проб проводился фильтрацией воздуха через четыре последовательно расположенных в аспираторе фильтра — тefлоновый (1-й фильтр — RTFE с диаметром пор 0,8 мкм) для аэрозолей, полиамидный фильтр (2-й фильтр) и импрегнированные фильтры «Whatman» со щелочной (3-й фильтр) и кислой основой (4-й фильтр) для сорбции газообразных частиц и двух каскадов импактора (для частиц больше и меньше 1 мкм). Накопление аэрозоля на фильтры составляло 7–10 ч, скорость прокачки воздуха для аспиратора — 12 л·мин⁻¹, через каждый канал импактора — 5 л·мин⁻¹. Химический анализ собранных проб осуществлялся в лабораторных условиях по методикам, используемым в [7]. В водных вытяжках фильтров импактора и 1, 2, 4-го фильтров и перекисном растворе 3-го фильтра аспиратора определялись концентрации ионов Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, величина pH растворенной фракции аэрозоля. Концентрации газообразных соединений SO₂, NO₂, HNO₃, NH₃ определялись расчетным методом, исходя из результата анализа соответствующих им ионов.

Исследования аэрозоля проводились по маршруту судна (рис. 1) в секторе Астрахань–Дербент–Актау.

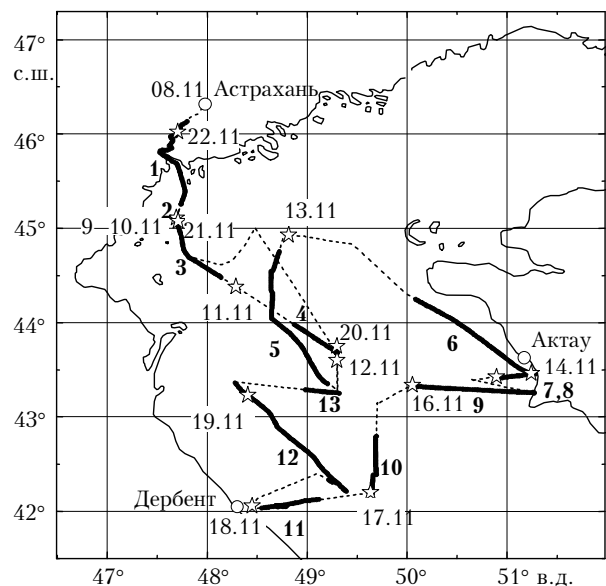


Рис. 1. Маршрут 29-го рейса НИС «Рифт» (звездочками обозначено положение судна на начало суток, жирными линиями с цифрами — участки и номера отбора проб на фильтры)

Полный измерительный период составил 13 дней — с 8 по 20 ноября 2008 г. За это время выполнено более 500 серий измерений характеристик приводного аэрозоля. Около половины данных было удалено из дальнейшего рассмотрения после

исключения ложных замеров — искажений локальными (судовыми) источниками аэрозоля. Результаты по спектральной прозрачности атмосферы получены для 11 дней измерений, количество среднечасовых спектров АОТ — 41.

Интегральные микрофизические характеристики приводного аэрозоля и АОТ

На рис. 2 приведены временные развертки характеристик аэрозоля (N_a , M_a , M_c , τ_a^a , α , W) и метеорологических элементов по данным судовой метеостанции.

Измерительный период отличался разнообразием ситуаций оптической погоды — диапазон характеристик аэрозоля в приводном слое атмосферы достигал 2–3 порядков. Минимальные концентрации были зарегистрированы у восточного побережья Каспийского моря (район г. Актау, 12–14 ноября): $M_a = 0,954$ мкг·м⁻³; $M_c = 0,003$ мкг·м⁻³; $N_a = 2,097$ см⁻³. Самые высокие концентрации наблюдались 16–18 ноября в условиях плотной дымки при движении из центральной части моря в сторону Дербента: $M_a = 100,9$ мкг·м⁻³; $M_c = 2,7$ мкг·м⁻³; $N_a = 69,2$ см⁻³. Средние значения (\pm среднеквадратические отклонения) характеристик для общего массива данных и двух экстремальных ситуаций приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения (\pm СКО) характеристик аэрозоля в приводном слое атмосферы

Характеристика	Общий массив	13–14 ноября	16–18 ноября
M_a , мкг·м ⁻³	17,6 ± 21,3	3,17 ± 1,04	44,6 ± 20,6
M_c , мкг·м ⁻³	0,41 ± 0,4	0,11 ± 0,06	0,70 ± 0,44
N_a , см ⁻³	15,7 ± 14,5	4,21 ± 0,8	32,2 ± 14,5

Из сравнения со средними характеристиками, полученными ранее в акватории Белого моря, следует, что массовая и счетная концентрация аэрозоля над Каспием была выше почти в 2 раза, а содержание «сажи» — в 1,5 раза. Этот результат легко объяснить тем, что Каспийское море находится в глубине континента и подвержено большему воздействию антропогенных и естественных источников аэрозоля. Сопоставление с многолетними данными в Томске [8], представляющим типичный континентальный район, подтвердило, что средние значения M_a над Каспием близки к средним годовым (~ 20 мкг·м⁻³) и осенним (~ 15 мкг·м⁻³) концентрациям аэрозоля над континентом. Иная ситуация с массовой концентрацией микрокристаллического углерода: среднее значение M_c , полученное в 28-м рейсе НИС «Рифт», примерно в 4 раза меньше, чем в районе Томска.

Рассмотрены характеристики приводного аэрозоля в двух экстремальных условиях — высокой прозрачности 13–14 ноября и плотной дымки 16–18 ноября (3-й, 4-й столбцы табл. 1).

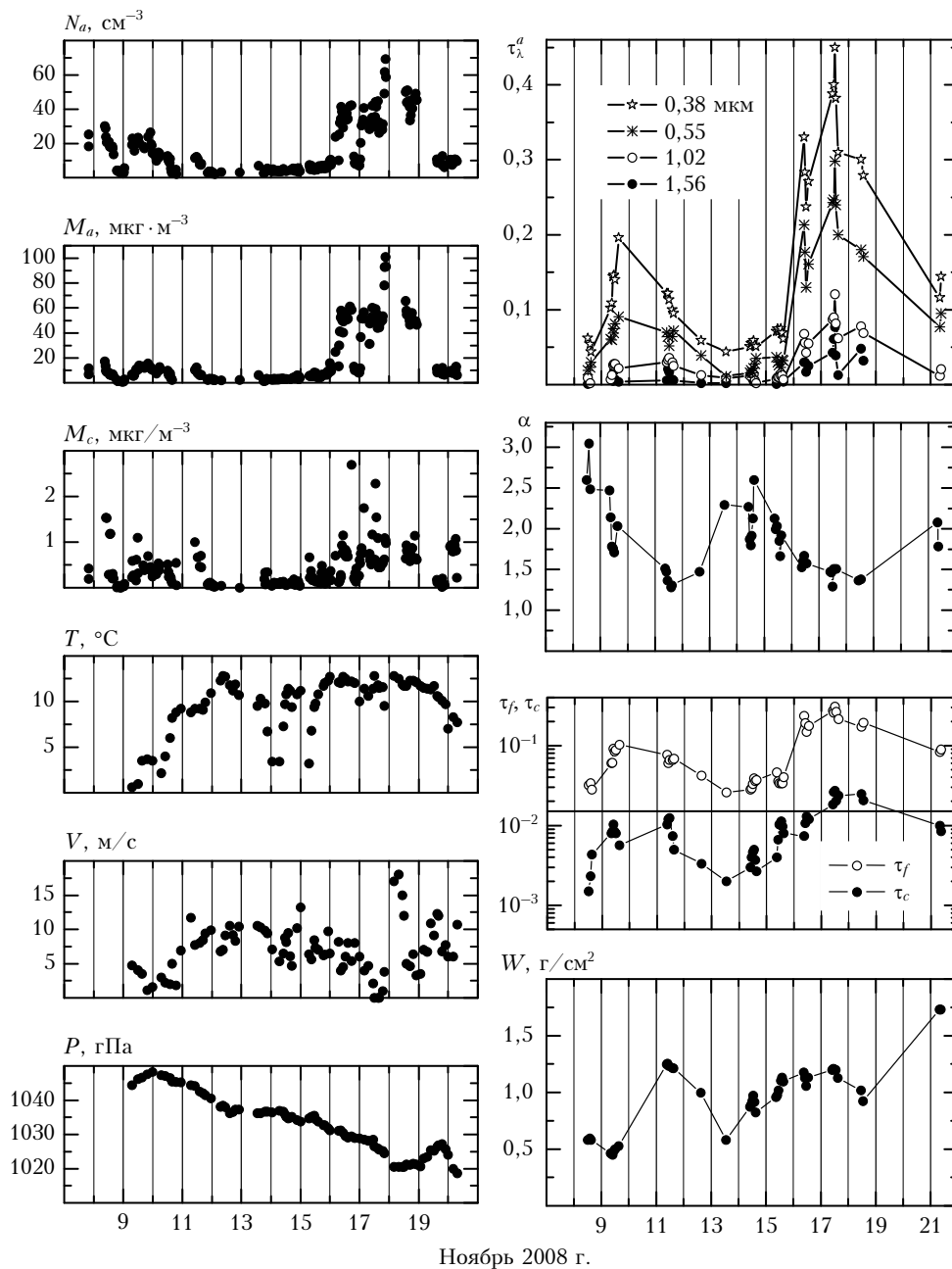


Рис. 2. Временная изменчивость аэрозольных характеристик в приземном слое (а) и всей толщ атмосферы (б)

Первая ситуация, по-видимому, характеризует региональный фоновый уровень концентраций M_a , M_c и N_a , сопоставимый с аналогичными характеристиками в акватории Белого моря [9]. Судя по дифференциальным распределениям частиц $\Delta V/\Delta R$ (рис. 3, а), в условиях высокой прозрачности атмосферы наблюдалось пониженное (в 2–4 раза) содержание аэрозоля во всем диапазоне измеряемых размеров частиц. Заметим также, что содержание крупных частиц ($R > 1$ мкм) в этот и тем более в другие периоды измерений было выше, чем в среднем в условиях континента осенью (Томск [10]).

Отличительной особенностью второй ситуации являются очень высокие значения массовой и счет-

ной концентрации преимущественно мелкодисперсного аэрозоля. Из сравнения объемных распределений частиц для разных периодов/районов исследований (рис. 3, а) хорошо видно, что увеличение частиц в ситуации плотной дымки произошло в диапазоне размеров $R < 0,4$ мкм, а содержание грубодисперсного аэрозоля в разные периоды измерений (кроме 13–14 ноября) было примерно одинаково. Массовая концентрация «сажи» 16–18 ноября тоже существенно возросла, но ее значения остались в 2 раза ниже средних данных для континентального района [8], т.е. ситуация плотной дымки характеризовалась высокой концентрацией мелкодисперсного слабо поглощающего аэрозоля.

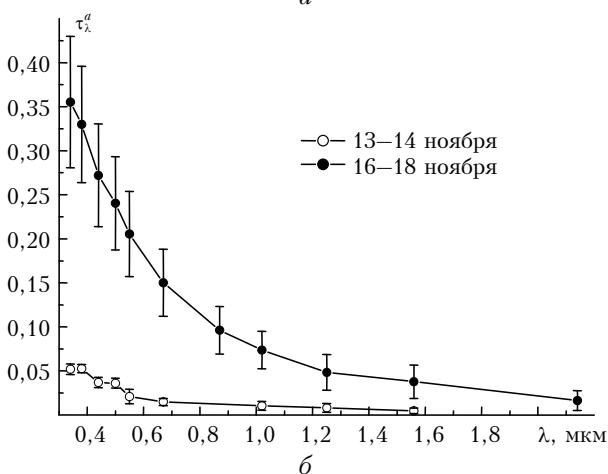
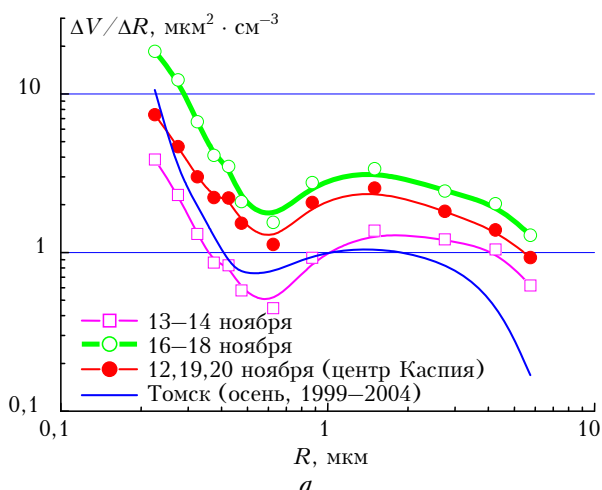


Рис. 3. Средние распределения аэрозольных частиц по объемам (а) и спектральные зависимости АОТ (б) для отдельных периодов измерений

Динамика аэрозольных характеристик в приземном слое, в основном, согласуется с характером изменчивости интегральной характеристики — τ_{λ}^a . Лучше всего взаимосвязь проявляется у массовой концентрации аэрозоля с АОТ в коротковолновой части спектра: коэффициент взаимной корреляции M_a с $\tau_{0,5}^a$ составляет 0,91 при значимой (на уровне 0,05) корреляции 0,35. Некоторые различия наблюдались в первые дни измерений — до 12 ноября. Из рис. 2, б видно, что за время экспедиции прошли две «волны» роста и спада АОТ атмосферы: относительно небольшое увеличение τ_{λ}^a наблюдалось 9–11 ноября и более значительное 16–18 ноября (после ситуации высокой прозрачности атмосферы). Заметим, что при большом изменении аэрозольного замутнения влагосодержание атмосферы в этот период оставалось практически на одном уровне — около 1 г/см^2 . Средние характеристики спектральных АОТ атмосферы для общего и двух контрастных периодов (13–14 и 16–18 ноября) приведены в табл. 2 и на рис. 3, б.

Резкое увеличение τ_{λ}^a после 15 ноября произошло на всех длинах волн, но более существенно в фиолетовой части спектра: например, $\tau_{0,38}^a$ воз-

росла с 0,05 до 0,45. Такая особенность является следствием преобладающего роста мелкодисперсной составляющей АОТ атмосферы. Анализ временного хода двух компонент АОТ (см. τ_f и τ_c на рис. 2, б) показывает, что качественно они похожи, но изменение τ_c происходило в диапазоне предельно низких значений, сопоставимых с погрешностью определения АОТ (ориентировочный уровень $\sim 0,015$ показан горизонтальной линией). То есть основную роль в увеличении аэрозольного замутнения в рассматриваемой ситуации действительно играл мелкодисперсный аэрозоль.

Таблица 2

Средние значения (\pm СКО) характеристик АОТ и влагосодержания атмосферы

Характеристика	Общий массив	13–14 ноября	16–18 ноября
$\tau_{0,34}^a$	$0,163 \pm 0,129$	$0,052 \pm 0,006$	$0,355 \pm 0,075$
$\tau_{0,5}^a$	$0,108 \pm 0,088$	$0,036 \pm 0,06$	$0,240 \pm 0,053$
$\tau_{0,87}^a$	$0,038 \pm 0,039$	$0,005 \pm 0,003$	$0,096 \pm 0,027$
$\tau_{1,56}^a$	$0,020 \pm 0,020$	$0,005 \pm 0,003$	$0,038 \pm 0,019$
$\tau_{2,14}^a$	$0,015 \pm 0,010$	–	$0,016 \pm 0,011$
α	$1,83 \pm 0,42$	$2,12 \pm 0,29$	$1,49 \pm 0,11$
β	$0,032 \pm 0,033$	$0,006 \pm 0,002$	$0,080 \pm 0,023$
τ_c	$0,010 \pm 0,010$	$0,004 \pm 0,002$	$0,019 \pm 0,014$
$\tau_f (0,5 \text{ мкм})$	$0,098 \pm 0,082$	$0,033 \pm 0,005$	$0,221 \pm 0,050$
W	$0,97 \pm 0,32$	$0,85 \pm 0,013$	$1,12 \pm 0,09$

О малых значениях τ_c и АОТ в ИК-диапазоне в период экспедиции свидетельствует также сравнение со средними осенними данными в континентальном районе (Томск [11]). В видимой области спектра значения АОТ практически одинаковы (в Томске среднее $\tau_{0,5}^a = 0,11$), а в ИК-диапазоне континентальные значения АОТ примерно в 2 раза выше, чем над Каспием.

Для выяснения причин формирования плотной дымки 16–18 ноября были рассмотрены данные траекторного анализа (<http://www.arl.gov/ready/>). Анализ карт обратных траекторий за 5-дневный период показал, что вынос воздушной массы происходил со стороны пустыни Каракумы в западном направлении до побережья, а затем (над морем) на север — в район измерений. Воздух переносился на высотах до 500 м с постепенным оседанием. (Естественно, что при дальнем переносе быстрее проходил сток наиболее крупных частиц.) Таким образом, наиболее вероятным фактором повышенного замутнения атмосферы в указанный период был вынос пылевого аэрозоля.

О наличии пылевых выносов в районе Каспийского моря и южного Поволжья свидетельствуют результаты исследований, выполненных еще в 70-е гг. XX в. (см., например, [12]). Согласно космическим и наземным данным, основным очагом выносов, преимущественно солевой пыли, являются Прикаспийская низменность и солончаки вдоль восточного побережья.

Химический состав приводного аэрозоля

Отбор проб аэрозолей над акваторией Каспийского моря для анализа его химического состава производился одновременно с газовыми примесями. Как показали исследования, среди газовых компонентов в наибольших количествах присутствуют аммиак и диоксид серы. Их концентрации изменялись в широких пределах от 4,0 до 10,0 мкг·м⁻³ для аммиака и от 1,2 до 8,5 мкг·м⁻³ для диоксида серы. Над морской поверхностью SO₂ и NH₃ образуются, главным образом, в результате деятельности микроорганизмов [13]. Учитывая географическое расположение исследуемого объекта, нельзя исключать также антропогенное воздействие на состояние этих газов в приводной атмосфере и их естественную эмиссию из континентальных районов.

Максимальные концентрации SO₂ и NH₃ чаще обнаруживались вблизи побережий, где сказывалось влияние населенных пунктов. Минимальное содержание диоксида серы и аммиака было зарегистрировано в центральном районе исследуемого сектора. Необходимо отметить, что в этот период наблюдалась высокая прозрачность атмосферы на фоне пониженной счетной концентрации аэрозоля. В связи с этим можно предположить, что содержание SO₂ и NH₃ было приближено к фоновым значениям для данного региона и составляло в среднем 1,4 и 4,3 мкг·м⁻³ соответственно.

При смене метеорологической ситуации и образовании над поверхностью моря плотной дымки в результате переноса воздушных масс со стороны пустыни содержание SO₂ и NH₃ возросло в среднем в 3 и 1,5 раза соответственно. В этот же период в атмосфере над Каспием отмечено присутствие газообразных окисленных форм азота HNO₃, максимальная концентрация которых достигала 0,8 мкг·м⁻³. В более благоприятную метеорологическую ситуацию содержание HNO₃ в атмосфере соответствовало аналитическому нулю. Кроме газообразных форм серы и азота морские соли могут быть источником хлористого водорода благодаря эквивалентному вытеснению его из воды солями с более сильными кислотными остатками [13]. В исследуемом районе распределение концентраций HCl составляло около 0,8 мкг·м⁻³ и практически не зависело от смены метеорологических условий.

Как показало исследование химического состава растворенной фракции аэрозолей, суммарная концентрация ионов в них изменялась от 1,3 до 11,5 мкг·м⁻³. Распределение концентраций ионов в аэрозолях над акваторией моря, как и газов, существенно зависело от смены метеорологических условий и удаления аэрозолей от их источника в момент отбора проб (рис. 4).

Наименьшие их концентрации содержались в аэрозолях центральной части участка Каспийского моря на фоне высокой прозрачности атмосферы.

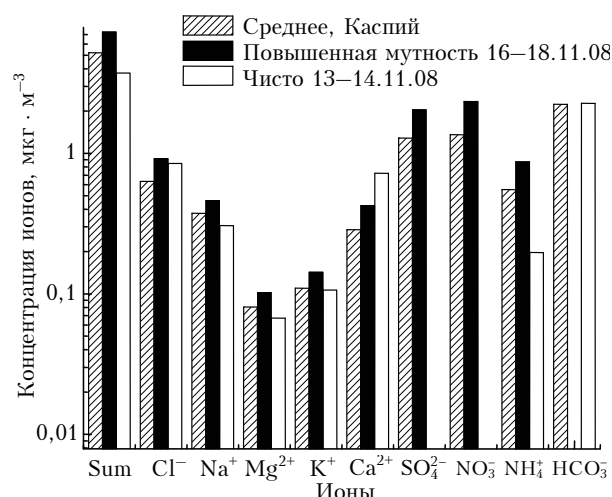


Рис. 4. Концентрации суммы ионов (Sum) и ионов, рассчитанных для условий повышенной мутности (16–18.11.08), в условиях высокой прозрачности (13–14.11.08) и как среднее по всему массиву данных

Преобладающими ионами в составе аэрозолей в этот период были ионы NH₄⁺, Na⁺, HCO₃⁻, Ca²⁺ и Cl⁻. Причем концентрации ионов HCO₃⁻, Ca²⁺ и Cl⁻ для этой ситуации были даже выше, чем для условий повышенной мутности. Концентрации сульфатов и нитратов соответствовали аналитическому нулю. С повышением мутности атмосферы ионный состав аэрозолей изменился в сторону увеличения массовой концентрации суммы ионов. Появились сульфаты и нитраты, их доля значимо возросла до 16 и 20%-экв. соответственно. Повысилась роль аммония и щелочных металлов, концентрация кальция, однако, упала почти в 1,5 раза. Содержание же гидрокарбонатов снизилось до аналитического нуля.

Выделение с помощью импактора частиц размером меньше 1 мкм позволило отдельно оценить массовую концентрацию ионов грубодисперсной и субмикронной фракций и выявить их соотношение (табл. 3).

Таблица 3

Соотношение концентрации ионов в частицах размерами больше 1 мкм в диаметре к концентрации ионов в частицах меньше 1 мкм для условий высокой прозрачности и повышенной мутности

Ион	Высокая прозрачность, 13–14.11.08	Повышенная мутность 16–18.11.08
Cl ⁻	1,77	5,00
Na ⁺	1,56	5,30
Mg ²⁺	6,36	5,80
K ⁺	0,72	0,31
Ca ²⁺	3,1	1,01
SO ₄ ²⁻	0,81	0,44
NO ₃ ⁻	—	1,30
NH ₄ ⁺	3,30	2,30
HCO ₃ ⁻	1,00	—

Для условий высокой прозрачности (13–14 ноября) величина соотношения массовой концентрации

грубодисперсных частиц к массовой концентрации субмикронных была больше единицы. Следовательно, концентрация для ионов Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+ преобладала в грубодисперсном аэрозоле. Соотношение концентраций для ионов K^+ и SO_4^{2-} было меньше единицы, что иллюстрирует большую массовую составляющую субмикронной части для этих ионов. Соотношение концентраций ионов HCO_3^- было равно единице.

В условиях повышенной мутности атмосферы (16–18 ноября) эти соотношения увеличились по сравнению с условиями высокой прозрачности для ионов Cl^- , Na^+ , т.е. концентрация этих ионов в грубодисперсной фракции возросла. Для ионов K^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} и NH_4^+ соотношение концентраций для вышеуказанных фракций частиц в условиях повышенной мутности уменьшилось по сравнению с условиями высокой прозрачности, что говорит об увеличении массовой концентрации ионов в субмикронном аэрозоле. Соотношение для ионов Mg^{2+} практически не изменилось — 5,8, для нитратов приняло значение, равное 1,3.

Отмеченные особенности поведения ионного состава аэрозоля в условиях повышенной мутности атмосферы хорошо согласуются с данными, полученными южнокорейскими исследователями при изучении пылевых выносов с азиатской части Евразийского континента [14].

Сравнение осредненных данных анализа ионного состава аэрозолей, отобранных на аспиратор без распределения по размерам частиц, над Белым (2003–2007 гг.) [15] и Каспийским (2008 г.) морями показало, что содержание ионов в приводном слое Арктического региона, за исключением HCO_3^- и NO_3^- , выше, чем над морем, находящимся внутри континента (рис. 5).

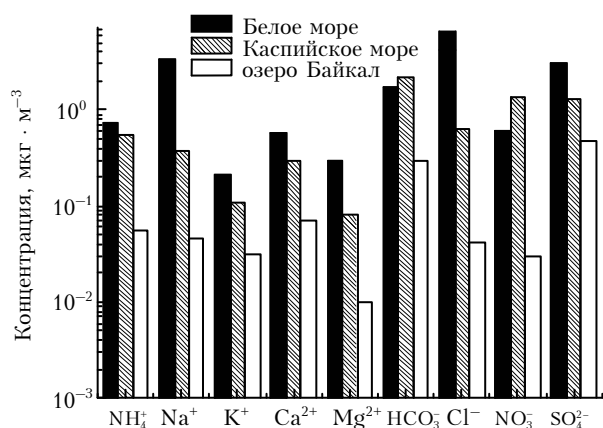


Рис. 5. Сопоставление химического состава приводного аэрозоля в различных районах: Белое море (среднее 2003–2006 гг. [15]); Каспийское море (среднее за весь рейс); оз. Байкал (среднее 2005–2008 гг.)

Очевидно, что эти ионы, скорее всего, являются отражением влияния антропогенного фактора на состав аэрозолей над Каспийским морем. Сравнение ионного состава растворенной фракции аэрозо-

лей над Каспийским морем и пресноводным оз. Байкал, располагающимся в центральной части Азии, показало, что химический состав аэрозолей морского происхождения разительно отличается от приводного аэрозоля пресноводного водоема (суммарное содержание ионов над Каспием выше по сравнению с оз. Байкал более чем на порядок). В отличие от аэрозолей Каспийского моря в составе аэрозолей над оз. Байкал преобладающей составляющей является сульфатный аэрозоль.

Заключение

Оценивая изменчивость аэрозольных характеристик за весь период рейса, отметим, что здесь большую роль играли синоптические процессы и переносы, а не пространственные неоднородности аэрозоля при сближении с сушей или удалении от нее.

Химический анализ показывает, что повышенные значения мутности атмосферы сопровождалось значительным увеличением абсолютных значений концентрации нитратов, сульфатов и аммония, а также хлоридов, натрия и калия. При этом значительно увеличилась доля субмикронной части массовой концентрации сульфатов, аммония, калия и кальция. Увеличение доли массовой концентраций грубодисперсных частиц отмечалось для ионов хлора и натрия.

Еще раз подчеркнем, что проведенная интерпретация характеристик аэрозоля относится только к конкретному периоду измерений. Для обоснованных выводов о составе аэрозоля над Каспием необходимы более продолжительные исследования.

Авторы выражают благодарность руководству экспедиции (29-го рейса) и экипажу НИС «Рифт» за помощь в получении научных результатов.

Работа выполнена при поддержке проекта 17.1 программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология».

1. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Ростов А.П., Турчинович С.А. Портативный солнечный фотометр // Приборы и техн. эксперим. 2009. № 2 (в печати).
2. Кабанов Д.М., Сакерин С.М., Турчинович С.А. Солнечный фотометр для научного мониторинга (аппаратура, методики, алгоритмы) // Оптика атмосф. и океана. 2001. Т. 14. № 12. С. 1162–1169.
3. Сакерин С.М., Кабанов Д.М. О взаимосвязях параметров формулы Ангстрема и аэрозольной оптической толщи атмосферы в области спектра 1–4 мкм // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20. № 3. С. 222–228.
4. Шмаргунов В.П., Полькин В.В. Счетчик аэрозольных частиц на базе АЗ-5 // Приборы и техн. эксперим. 2007. № 2. С. 165.
5. 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.
6. 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.
7. Полькин В.В., Голобокова Л.П., Погодаева Т.В., Козлов В.С., Коробов В.Б., Лисицын А.П., Панчен-

- ко 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. 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.
 9. Польшкин 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. 2008. № 10. С. 836–840.
 10. 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.
 11. Сакерин С.М., Береснев С.А., Горда С.Ю., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Маркелов Ю.И., Михалев А.В., Николашкин С.В., Панченко М.В., Поддубный В.А., Польшкин В.В., Смирнов А., Тащилин М.А., Турчинович С.А. Турчинович Ю.С., Холбен Б., Ерёмкина Т.А. Характеристики годового хода спектральной аэрозольной оптической толщины атмосферы в условиях Сибири // *Оптика атмосфер. и океана*. 2009. Т. 22 (в печати).
 12. Кондратьев К.Я., Григорьев Ал.А., Покровский О.М., Шалина Е.В. Космическое дистанционное зондирование атмосферного аэрозоля. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 216 с.
 13. Исидоров В.А. Экологическая химия. СПб.: Химиздат, 2001. 304 с.
 14. 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.
 15. Польшкин В.В., Панченко М.В., Голобокова Л.П. Ионный состав приводного аэрозоля Белого моря в августе 2003–2006 гг. // *Оптика атмосфер. и океана*. 2007. Т. 20. № 11. С. 998–1003.

V.V. Pol'kin, D.M. Kabanov, M.V. Panchenko, S.M. Sakerin, S.A. Turchinovich, V.P. Shmargunov, A.P. Rostov, L.P. Golobokova, T.V. Hodzher, U.G. Filippova, V.P. Shevchenko, A.P. Lisitzin. Results of investigations of aerosol characteristics over the Caspian Sea in the 29 cruise of RV «Rift».

The results are presented of investigations of the characteristics of near-water aerosol in the 29 cruise of RV «Rift» in the fall of 2008 along the route Astrakhan' – Derbent – Aktau. The following parameters were determined: the aerosol optical depth (AOD in the wavelength range 0.3–2.14 μm) and the columnar water vapor of the atmosphere; the number concentration of particles N_a (cm^{-3}) and the aerosol particles size distribution in the diameter range 0.4–10 μm ; the mass concentration of the submicron aerosol M_a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) and the mass concentration of the black carbon (soot) M_c ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$); the ion composition of the soluble aerosol fraction and gas admixtures Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , SO_2 , NO_2 , HNO_3 , NH_3 .