

ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЗЫ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 551.510 + 551.521.3

**О результатах двухточечных измерений  
аэрозольной оптической толщи атмосферы  
в нескольких регионах России**

**Д.М. Кабанов<sup>1</sup>, Г.С. Жамсуева<sup>2</sup>, А.С. Заяханов<sup>2</sup>, Г.И. Корниенко<sup>3</sup>,  
С.А. Нагуслаев<sup>2</sup>, А.Н. Павлов<sup>4</sup>, М.В. Панченко<sup>1</sup>, Д.А. Пестунов<sup>1</sup>,  
С.М. Сакерин<sup>1</sup>, К.А. Шмирко<sup>4,5\*</sup>**

<sup>1</sup> *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

<sup>2</sup> *Институт физического материаловедения СО РАН  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8*

<sup>3</sup> *Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН  
692533, с. Горнотаёжное, Приморский край, Уссурийский район*

<sup>4</sup> *Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН  
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5*

<sup>5</sup> *Дальневосточный федеральный университет  
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8*

Поступила в редакцию 21.04.2016 г.

Рассматриваются результаты двухточечных измерений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Приморье (Владивосток – с. Горнотаёжное, расстояние 60 км), в районе г. Томска (Академгородок – обсерватория «Фоновая», 60 км), на западном и восточном берегах оз. Байкал (~69 км). Показывается, что во Владивостоке уровень замутнения атмосферы выше, чем в районе, удаленном вглубь континента. При этом основной вклад в имеющиеся различия обусловлен большим содержанием в атмосфере над Владивостоком (в сравнении с с. Горнотаёжное) грубодисперсного аэрозоля, по-видимому, морского происхождения. Различия между пунктами измерений в двух других регионах не превышают погрешности определения аэрозольной оптической толщи.

*Ключевые слова:* аэрозольная оптическая толщина, общее влагосодержание, влияние города, фоновый район; aerosol optical depth, column water vapor, city effect, background area.

### Введение

В пространственном распределении аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы можно выделить региональный и локальный (или местный) масштабы. Региональный формируется под влиянием климатических и ландшафтных особенностей местности, в первую очередь преобладающих источников/типов аэрозоля и циркуляций. Локальные неоднородности характеристик аэрозоля проявляются в районе крупных промышленных центров

(интенсивной антропогенной деятельности), вблизи крупных водоемов и в горных долинах [1–13]. Кроме географических особенностей, причиной возникновения пространственных неоднородностей АОТ служат массовые лесные или торфяные пожары, охватывающие целые регионы (см. например, [14, 15]), но такие события имеют эпизодический характер.

В ряде работ [3, 16–23 и др.] рассматривались различия аэрозольного замутнения атмосферы на основе двухточечных измерений АОТ в близко расположенных районах. Основное внимание в этих публикациях уделялось оценке влияния антропогенной деятельности. Понятно, что различия АОТ в экспериментах «город–фон» или величина аэрозольного загрязнения зависят как от антропогенной нагрузки конкретных городов, так и от удаленности двух точек измерений. Например, влияние Томска на результаты измерений спектральных АОТ в восточном пригороде (Академгородок) обнаруживалось лишь в отдельных случаях холодного периода [16, 17]. Аналогичные эксперименты в районе

\* Дмитрий Михайлович Кабанов (dkab@iao.ru); Галина Санжиевна Жамсуева (lrf@ipms.bscnet.ru); Александр Савельевич Заяханов (lrf@pres.bscnet.ru); Геннадий Иванович Корниенко (kornienko@utl.ru); Сергей Анатольевич Нагуслаев; Андрей Николаевич Павлов (anpravlov@iasp.dvo.ru); Михаил Васильевич Панченко (pmv@iao.ru); Дмитрий Александрович Пестунов (pest@iao.ru); Сергей Михайлович Сакерин (sms@iao.ru); Константин Александрович Шмирко (shmirko.konstantin@gmail.com).

Екатеринбурга показали [18, 19], что различия АОТ в городе и фоновом районе проявляются во всем диапазоне спектра и в теплый период.

В настоящей статье обсуждаются пространственные различия аэрозольного замутнения в районах Томска, Приморья и Байкала, которые возникают под влиянием как антропогенных, так и других факторов. Основное внимание уделяется особенностям пространственно-временной изменчивости АОТ атмосферы в двух районах переходной зоны «материк–океан» – во Владивостоке и вблизи Уссурийска.

## 1. Характеристика и условия экспериментов

Для определения АОТ атмосферы использовались солнечные фотометры SP, изготовленные в ИОА СО РАН [17] (спектральный диапазон 0,34–2,14 мкм), и фотометры сети AERONET [24] – CE-318 [25] (0,34–1,02 мкм).

В районе г. Томска фотометры находились в Академгородке (SP-6) и на обсерватории ИОА СО РАН «Фоновая» (CE-318), расположенной в фоновом районе (~60 км к западу от города). В Приморье фотометр SP-9 размещался в северной части г. Владивостока на восточном берегу Амурского залива (ИАПУ ДВО РАН), а второй прибор (CE-318) на удалении ~60 км в направлении север–северо-восток на территории Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН (с. Горностаёжное). Измерения на южном Байкале выполнялись на западном (п. Большие Коты) и восточном (п. Боярский) берегах с помощью двух фотометров SP-9 и SP-7. Расстояние между пунктами наблюдений составляло ~69 км.

Анализ проводился с использованием данных сети AERONET уровня 2.0, а результаты, полученные с помощью фотометров SP, обрабатывались с использованием методики, изложенной в [17]. Отметим, что обе процедуры обработки и селекции данных (CE-318 и SP) включают как автоматическую фильтрацию замеров, искаженных облачностью [17, 26], так и ручную отбраковку выбросов. Дополнительно из всех данных были исключены замеры, выполненные в условиях дымов лесных пожаров, с использованием методики, описанной в [27].

На основе отобранных измерений для каждого пункта наблюдений были рассчитаны массивы среднечасовых значений (целое значение часа  $\pm 0,5$  ч) спектральных составляющих АОТ атмосферы  $\tau_{\lambda}^a$ , общего влагосодержания (ОВС), параметров формулы Ангстрема  $\alpha$  и  $\beta$  ( $\tau^a(\lambda) = \beta \cdot \lambda^{-\alpha}$ ), мелко- и грубодисперсных компонент АОТ ( $\tau_{\lambda}^a = \tau_{\lambda}^f + \tau^c$ ). Далее были сформированы массивы совместных среднечасовых значений для обоих пунктов наблюдений в каждом из районов. Усреднение по дням и месяцам осуществлялось по совместным замерам. Объемы полученных таким образом выборок представлены в табл. 1. Кроме того, массивы среднечасовых данных были дополнены метеорологическими па-

раметрами, при этом использовалась информация с веб-сайта gr5.ru для ближайших метеостанций (г. Владивосток, вблизи с. Горностаёжное и г. Томск). Поскольку сетевые метеорологические наблюдения выполняются с периодичностью в 3 ч, промежуточные часовые значения рассчитывались путем линейной интерполяции между соседними по времени измерениями.

Таблица 1

Периоды и количество совместных измерений в рассматриваемых районах

Район	Период	Месяцев	Дней	Средних за час
Томск	2011–2014	29	283	1418 ( $\pm 0,5$ ч)
Приморье	2010–2013	21	106	566 ( $\pm 1$ ч)
Байкальский регион	2012–2013	1	3	69 ( $\pm 3$ ч)

Важным условием при проведении двухточечных экспериментов является «интеркалибровка» приборов – сравнение результатов параллельных измерений в одной точке. Прежде всего это относится к разным типам фотометров (SP и CE-318), поскольку, как отмечалось выше, применяемые методики калибровки и расчета АОТ у них имеют различия. Отличаются и способы определения  $\tau^c$ : в системе AERONET для оценки  $\tau^c$  ( $\tau_{\lambda}^f$ ) применяется методика (spectral deconvolution algorithm), основанная на анализе кривизны спектрального хода АОТ в диапазоне 0,38–1,02 мкм [28, 29]. При использовании фотометров SP в качестве величины  $\tau^c$  выбирается минимальное значение  $\tau_{\lambda}^a$  в диапазоне спектра 1,02–2,14 мкм.

К настоящему времени накоплен достаточно большой объем данных параллельных измерений фотометрами SP и CE-318 (237 дней, средних за час – 931) в Приморье (апрель–май 2009 г. [30]) и в районе Томска (2003–2005 гг. и март–апрель 2013, 2014 гг. [31]). Сопоставление результатов показало, что среднеквадратические отклонения (СКО) между значениями  $\tau_{\lambda}^a$  находятся в пределах от 0,019 для  $\lambda = 0,38$  мкм до 0,013 для  $\lambda = 1,02$  мкм при коэффициентах корреляции  $R$  от 0,97 до 0,86. Средний квадрат отклонений величин  $\tau^c$  составил 0,013 при  $R = 0,82$ . Для ОВС эти показатели равнялись 0,063 и 0,99. Отметим, что СКО между результатами двух приборов не превышают погрешности определения сопоставляемых характеристик. Например, для АОТ эта величина оценивается как 0,01–0,02 [17, 24]. Это свидетельствует, с одной стороны, о достаточно высокой достоверности получаемых данных, с другой – о корректности сопоставления результатов двух типов фотометров, размещенных в разных пунктах. При этом различиями АОТ атмосферы между пунктами (фотометрами), не превышающими погрешность определения, следует, по-видимому, пренебречь, поскольку значительная часть погрешности обусловлена систематической составляющей [17].

## 2. Вариации АОТ атмосферы в двух районах Приморья

Пространственно-временная изменчивость АОТ в районах Владивостока и с. Горнотаёжное определяется действием нескольких факторов — муссонной, бризовой циркуляцией, а также влиянием антропогенного аэрозоля, как местного, так и с территории Китая, Кореи и Японии. Как следствие, в годовом и дневном ходе характеристик АОТ этого региона имеются отличия от континентальных районов азиатской части России [31, 32]. Потому особое внимание при анализе уделено выявлению пространственных различий атмосферного замутнения в масштабах внутригодовых и дневных колебаний.

На первом этапе сопоставления результатов совместных измерений в двух пунктах были рассчитаны статистические характеристики для среднесуточных значений АОТ и ОВС. Из табл. 2 видно, что вариации практически всех характеристик в двух точках достаточно тесно взаимосвязаны. Например, коэффициенты корреляции спектральных АОТ и  $\tau_{0,5}^f$  между Владивостоком и Горнотаёжным более чем в 3,4 раза превышают величину значимой корреляции ( $R_{\text{зн}} = 0,19$  по уровню 0,05), а ОВС — в 4,8 раза. Исключение составляет лишь АОТ грубодисперсного аэрозоля (коэффициент корреляции ниже уровня значимости). Обращает на себя внимание и тот факт, что в среднем различия  $\tau^a$  и  $\tau^c$  между Владивостоком и Горнотаёжным составляют 0,02–0,03, а значения  $\bar{\tau}_{0,5}^f$  практически совпадают. Такое поведение статистических характеристик указывает на то, что колебания АОТ мелкодисперсного аэрозоля в обоих пунктах происходят достаточно согласованно и в значительной сте-

пени обусловлены синоптическими, сезонными и другими факторами, общими для всего региона. Имеющиеся же различия в величинах  $\tau^a$  связаны с более высоким содержанием грубодисперсного аэрозоля во Владивостоке, чем в Горнотаёжном.

Анализ особенностей сезонных колебаний АОТ атмосферы в двух точках выполнялся с использованием массива среднемесячных данных. Сопоставление годового хода АОТ и ОВС атмосферы в с. Горнотаёжное в период совместных измерений с результатами многолетних измерений [31] (рис. 1, а, б) показало их достаточно хорошее согласие как по величине представленных характеристик, так и по характеру годовой изменчивости. Таким образом, выборку, полученную в анализируемый, достаточно ограниченный, период, можно признать репрезентативной и отражающей основные закономерности сезонной изменчивости АОТ в регионе. Из рис. 1, б следует, что сезонные колебания  $\tau_{0,5}^a$  во Владивостоке и Горнотаёжном в целом совпадают (весенне-летний и осенний максимумы и сентябрьский минимум), однако величины АОТ атмосферы во Владивостоке выше. Различия в годовом ходе величин  $\tau_{0,5}^a$ ,  $\tau_{0,5}^f$  и  $\tau^c$  между Владивостоком и Горнотаёжным представлены на рис. 1, в ( $\Delta\tau = \tau_{\text{Влад}} - \tau_{\text{Горн}}$ ). Данные рис. 1, в показывают, что вклад в  $\Delta\tau_{0,5}^a$  может вносить и мелкодисперсная составляющая АОТ (в июле, октябре–ноябре), но основную роль играет грубодисперсная фракция частиц.

Недостаточное количество совместных замеров с января по март не позволяет выявить особенности различий АОТ в течение всего года. На представленном же временном интервале (рис. 1, в) можно выделить три сезона: май–июль (весенне-летний

Таблица 2  
Статистические характеристики массива среднесуточных значений АОТ и ОВС атмосферы во Владивостоке и с. Горнотаёжное

Характеристика	Среднее $\pm$ СКО (Владивосток)	Среднее $\pm$ СКО (Горнотаёжное)	R	$\sigma$	$\bar{\Delta}$
$\tau_{0,38}^a$	0,265 $\pm$ 0,1	0,244 $\pm$ 0,107	0,692	0,072	0,021
$\tau_{0,50}^a$	0,201 $\pm$ 0,075	0,172 $\pm$ 0,083	0,734	0,052	0,029
$\tau_{1,02}^a$	0,102 $\pm$ 0,042	0,067 $\pm$ 0,038	0,653	0,032	0,035
$\tau_{2,14}^a$	0,086 $\pm$ 0,043	—	—	—	—
$\alpha$	0,936 $\pm$ 0,395	1,366 $\pm$ 0,304	0,481	0,349	–0,43
$\beta$	0,105 $\pm$ 0,043	0,067 $\pm$ 0,04	0,691	0,031	0,038
$\tau^c$	0,078 $\pm$ 0,033	0,045 $\pm$ 0,028	0,185	0,033	0,033
$\tau_{0,5}^f$	0,123 $\pm$ 0,053	0,127 $\pm$ 0,072	0,686	0,039	–0,004
W, г/см <sup>2</sup>	1,732 $\pm$ 0,894	1,654 $\pm$ 0,861	0,92	0,352	0,078

Примечание. Здесь и в табл. 3: R — коэффициент корреляции,  $\sigma$  и  $\bar{\Delta}$  среднеквадратическое отклонение и средняя разность между значениями в двух пунктах наблюдений.

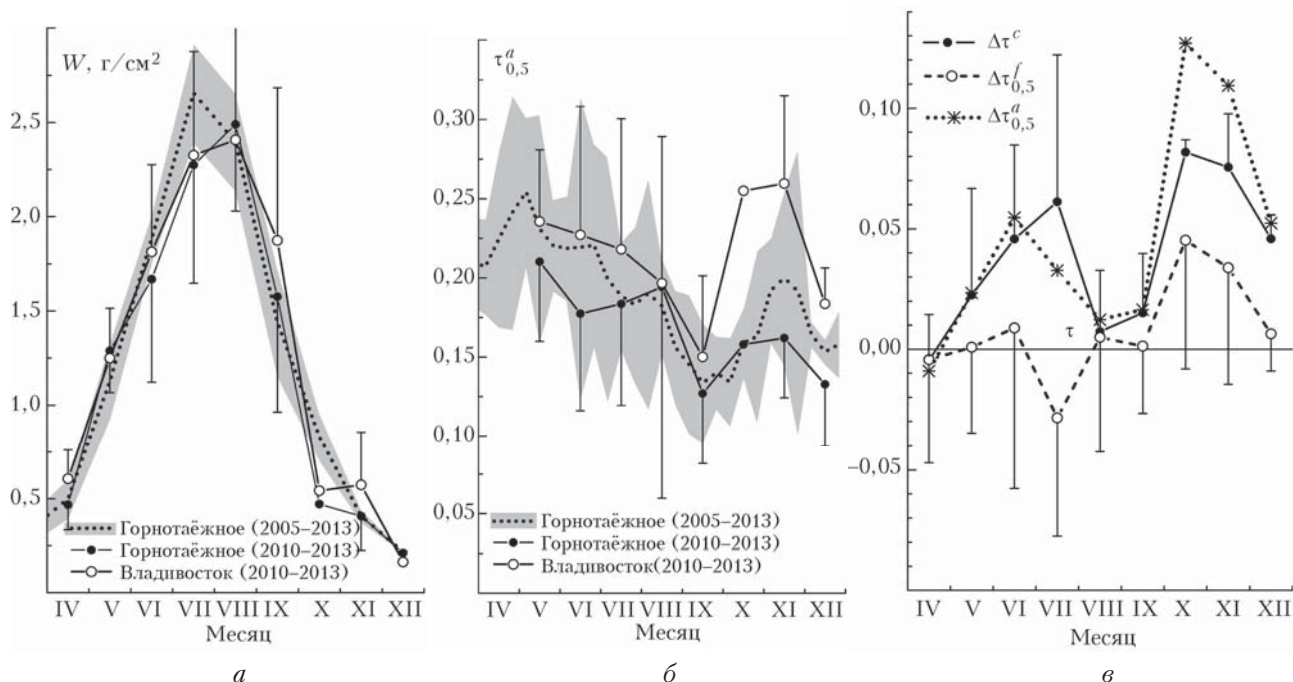


Рис. 1. Сопоставление годового хода ОВС (а) и  $\tau_{0,5}^a$  (б) в период совместных измерений в двух пунктах с многолетними данными и различия в годовом ходе АОТ между Владивостоком и с. Горнотаёжное (в)

максимум значений  $\Delta\tau^c$  и разнонаправленные величины  $\Delta\tau_{0,5}^f$ , август–сентябрь (минимальные значения  $\Delta\tau^c$  и  $\Delta\tau_{0,5}^f$ ), октябрь–декабрь (осенне-зимний максимум значений  $\Delta\tau^c$  и  $\Delta\tau_{0,5}^f$ ). Большое замутнение атмосферы во Владивостоке в сравнении с Горнотаёжным может быть обусловлено не только влиянием города, но и близостью к морю. Поэтому сопоставление средних спектральных зависимостей АОТ для выделенных сезонов проводилось совместно с характеристиками ветра (рис. 2).

Из данных рис. 2 следует, что величины  $\Delta\tau_{\lambda}^a$  имеют существенные сезонные отличия, которым соответствуют и разные направления ветра. При этом преимущественные направления ветра в обоих пунктах меняются достаточно согласованно, а их сезонная динамика соответствует региональным климатическим данным [33]. Обращает на себя внимание и согласованное изменение среднесезонных величин  $\Delta\tau^c$  и скорости ветра во Владивостоке, свидетельствующее о значительной роли ветрового фактора в формировании грубодисперсного аэрозоля в прибрежном пункте наблюдений.

Учитывая вышесказанное, анализ средней дневной динамики пространственных различий мелко- и грубодисперсной составляющих АОТ во Владивостоке выполнялся с учетом влияния скорости и направления ветра. При этом были использованы среднечасовые данные, полученные с мая по сентябрь, поскольку на эти месяцы приходится как наибольшая продолжительность светового дня и, соответственно, большая часть измерений, так и наиболее полный диапазон скоростей и направления ветра.

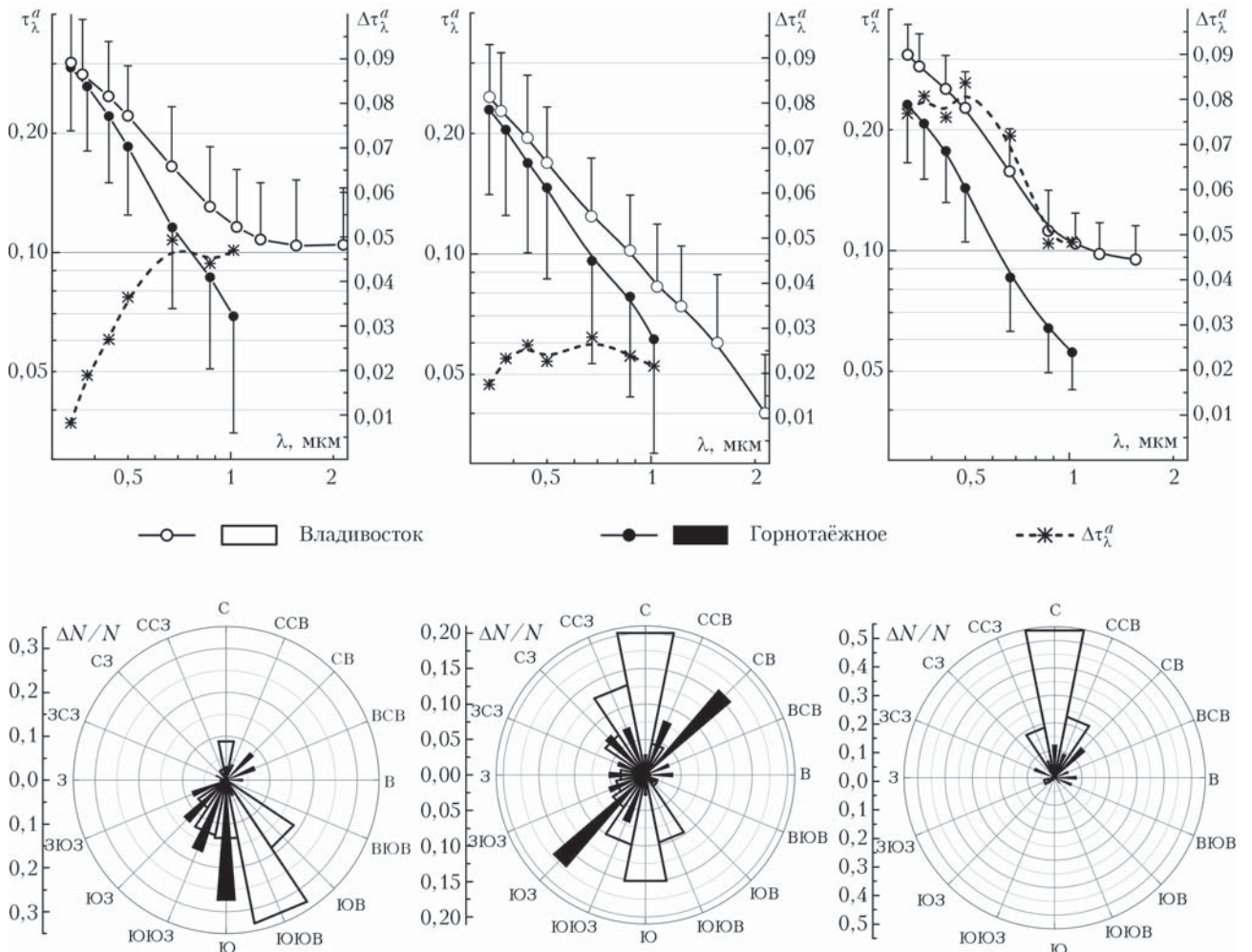
Для построения дневного хода был использован подход, подробно изложенный в работах [17, 32], согласно которому: а) отбирались только дни с тремя периодами измерений: в утренние, дневные и вечерние часы (по среднему солнечному времени); б) с целью ослабления влияния более сильных синоптических колебаний расчет выполнялся для величин, нормированных на среднедневное значение. Далее, для удобства сопоставления характеристик АОТ в разных пунктах, дневной ход нормированных значений приводился к абсолютным величинам путем умножения на их среднее значение в рассматриваемый период.

Сопоставление дневного хода  $\tau_{0,5}^f$  и  $\tau^c$  в с. Горнотаёжное в период двухточечного эксперимента с многолетними данными (рис. 3, а, б) подтверждает выводы о репрезентативности рассматриваемой выборки совместных значений не только в масштабе годовых, но и дневных колебаний. Средняя дневная динамика  $\tau_{0,5}^f$  (рис. 3, б) в двух пунктах наблюдений достаточно хорошо согласуется, о чем свидетельствует и дневной ход величин  $\Delta\tau_{0,5}^f$  (рис. 3, в). Различия же в дневном ходе  $\tau^c$  достаточно велики. Большое содержание грубодисперсного аэрозоля во Владивостоке наблюдается во второй половине дня (рис. 3, в), особенно при южном направлении ветра ( $\Delta\tau^c \approx 0,07$ ). Причем характер дневного хода  $\Delta\tau^c$  и скорости южного ветра имеет общие черты – увеличение от утренних часов к вечерним.

В качестве попытки оценить природу частиц, влияющих на замутнение атмосферы во Владивостоке, были рассмотрены взаимосвязи  $\tau_{0,5}^f$

с относительной влажностью воздуха и  $\tau^c$  со скоростью ветра (рис. 4). Зависимости, представленные на рис. 4, а, в, обнаруживают их хорошее соответствие результатам, полученным в работах [34, 35] для морского аэрозоля. А именно, увеличение содержания грубодисперсных частиц при скоростях

ветра более 6–7 м/с и появление селективности в зависимости  $\tau_{0,5}^f(RH)$  при  $RH > 75\%$ . Это свидетельствует о том, что более высокий уровень атмосферного замутнения во Владивостоке в сравнении с с. Горнотаёжное (рис. 4, б, г) в значительной степени обусловлен влиянием морского аэрозоля.



Май–июль

$$\Delta N_{штгиль}/N = 0 (0,006);$$

$$\bar{S}_W = 5,72 \pm 2,05 (3,72 \pm 1,43);$$

$$\bar{\Delta}\tau^c = 0,045 \pm 0,052;$$

$$\bar{\Delta}\tau_{0,5}^f = -0,008 \pm 0,054;$$

$$\bar{\Delta}\tau_{0,5}^a = 0,036 \pm 0,061.$$

Август–сентябрь

$$\Delta N_{штгиль}/N = 0,013 (0,055);$$

$$\bar{S}_W = 4,03 \pm 2,13 (2,46 \pm 1,70);$$

$$\bar{\Delta}\tau^c = 0,011 \pm 0,025;$$

$$\bar{\Delta}\tau_{0,5}^f = 0,003 \pm 0,04;$$

$$\bar{\Delta}\tau_{0,5}^a = 0,014 \pm 0,04.$$

Октябрь–декабрь

$$\Delta N_{штгиль}/N = 0 (0,22);$$

$$\bar{S}_W = 6,42 \pm 2,69 (1,67 \pm 1,60);$$

$$\bar{\Delta}\tau^c = 0,062 \pm 0,023;$$

$$\bar{\Delta}\tau_{0,5}^f = 0,022 \pm 0,039;$$

$$\bar{\Delta}\tau_{0,5}^a = 0,084 \pm 0,056.$$

Рис. 2. Средние спектральные зависимости АОТ атмосферы и гистограммы повторяемости направления ветра в двух пунктах наблюдений в выделенные периоды года (в нижней части рисунка приведены периоды, доля штгильевых ситуаций ( $\Delta N_{штгиль}/N$ ) и средняя скорость ветра во Владивостоке и с. Горнотаёжное), средние значения различий  $\tau_{0,5}^a$ ,  $\tau_{0,5}^f$  и  $\tau^c$  между двумя пунктами:  $\Delta\tau = \tau_{Влад} - \tau_{Горн}$

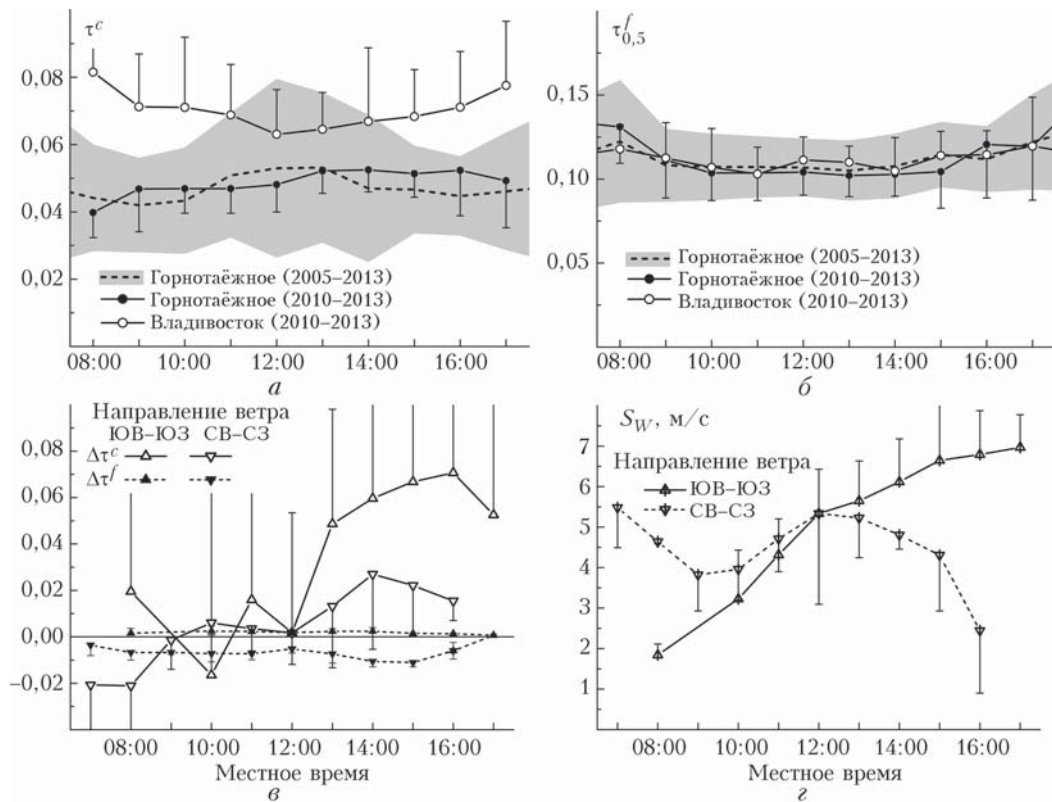


Рис. 3. Дневной ход АОТ грубо- (а) и мелкодисперсного (б) аэрозоля в сопоставлении с многолетними данными, их различий между Владивостоком и с. Горнотаёжное (в) и скорости ветра во Владивостоке (г) при направлениях ветра с юга и севера (май–сентябрь)

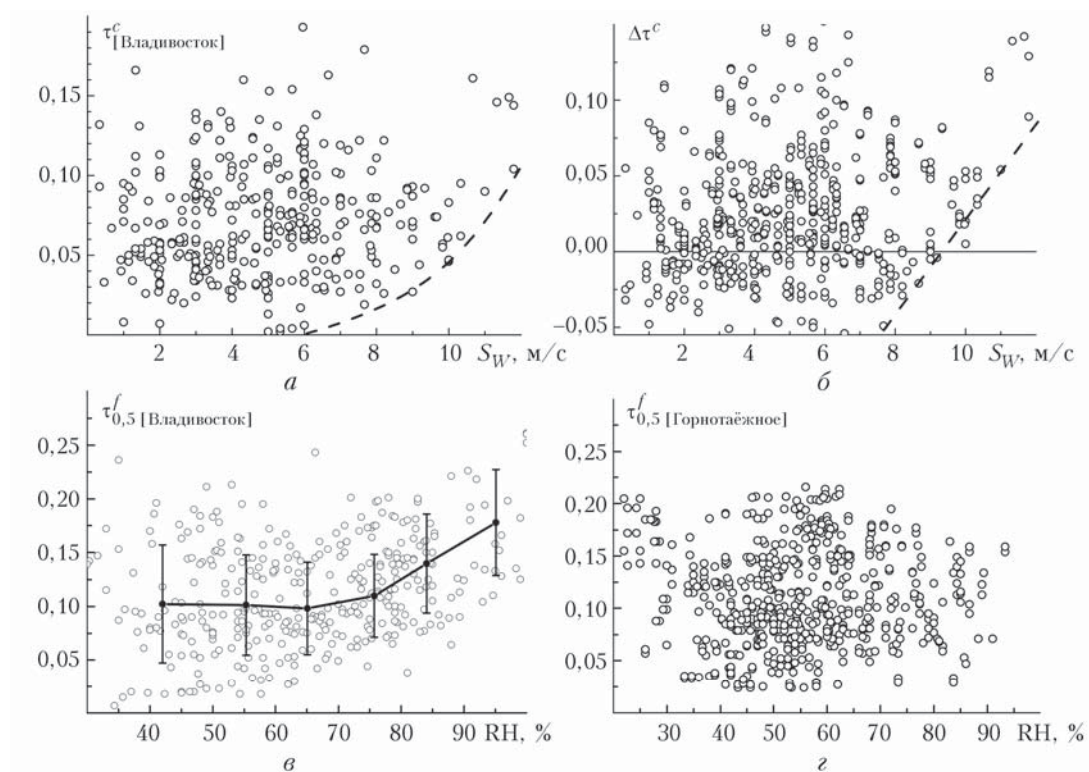


Рис. 4. Взаимосвязь  $\tau^c$  и  $\Delta\tau^c$  со скоростью ветра и  $\tau_{0,5}^f$  с относительной влажностью воздуха

### 3. Результаты двухточечных экспериментов в районе Томска

В отличие от двухточечного эксперимента, представленного выше, оба рассматриваемых здесь пункта (городской и фоновый) находятся в схожих условиях с точки зрения переноса и генерации природного аэрозоля, а различия в уровне замутнения атмосферы между ними могут быть обусловлены лишь влиянием города.

Из данных табл. 3 видно, что средние значения всех характеристик АОТ в двух точках практически совпадают – различия ( $\bar{\Delta}$ ) в разы меньше, чем погрешность определения  $\tau_{\lambda}^a$ . Причем вариации  $\tau_{\lambda}^a$  происходят достаточно согласованно. Коэффициенты корреляции более чем в шесть раз превышают значимый уровень  $R_{\text{знач}} = 0,117$  (доверительная вероятность 0,95). Средняя величина разброса парных измерений, например, по отношению к данным фонового района находится в пределах 20–30%, а для ОВС составляет лишь 10%. Можно отметить, что этот показатель достаточно близок к результатам, полученным при интеркалибровке фотометров, когда они располагались в одной точке.

Сопоставление годового и дневного хода АОТ атмосферы в двух точках с результатами многолетних измерений в г. Томске [31, 32] не выявили принципиальных различий. Отдельные расхождения, например, в годовом ходе  $\tau^c$  в зимне-весенний период объясняются меньшим числом измерений в сравнении с теплым периодом. Причем такое соотношение количества измерений между периодами года относится к выборке как для двухточечного эксперимента, так и многолетних данных. В целом, как следует из рис. 5 и 6, массив совместных измерений можно считать репрезентативным, т.е. отражающим основные особенности средних сезонных и дневных колебаний АОТ.

Из дневного хода  $\Delta\tau^c$  (рис. 6, б) следует, что в утренние и вечерние часы содержание грубодисперсного аэрозоля в городе выше, чем в фоновом районе, а в полуденные, наоборот, ниже. Противоположный характер изменчивости наблюдается у  $\Delta\tau_{0,5}^f$ . Противофазное действие  $\Delta\tau^c$  и  $\Delta\tau_{0,5}^f$  приводит к тому, что в среднем дневном ходе суммар-

ной величины  $\tau_{0,5}^a$  нет значимых различий для городского и фонового районов.

Отмеченную дневную динамику  $\Delta\tau^c$  сложно объяснить влиянием города. Из рис. 5, з и 6, б, видно, что величина  $\Delta\tau^c$  смещается в область положительных значений в зимние месяцы и в утренние/вечерние часы измерений, т.е. при достаточно больших зенитных углах Солнца или оптических массах атмосферы  $m$ . Поэтому на поведение  $\Delta\tau^c$  может повлиять не физический фактор, а различие методик определения  $\tau^c$  и  $\tau_{0,5}^f$  для разных фотометров. В частности, даже при интеркалибровке фотометров SP и CE-318, когда приборы располагались в одной точке, соотношение случаев  $\tau_{SP}^c > \tau_{CE}^c$  при  $m > 2$  в полтора раза выше, чем при  $m < 2$ . В целом же отмеченные различия в средней годовой и дневной динамике  $\tau_{0,5}^a$ ,  $\tau_{0,5}^f$  и  $\tau^c$  между городом и фоновым районом достаточно малы и не превышают погрешности определения АОТ.

Возможно, влияние города нивелируется при рассмотрении средних характеристик, но в более явном виде может проявляться лишь при определенных условиях наблюдений. Учитывая, что фотометр SP располагался на юго-восточной окраине Томска, такое влияние можно ожидать, например, в двух случаях. Во-первых, при измерениях в разных азимутальных положениях Солнца: вне города и над городом. Во-вторых, при разных направлениях ветра: из сектора со стороны города и из внегородского сектора (фоновых районов).

Для проверки первого случая были отобраны штилевые ситуации в теплый период года (май–сентябрь) и сопоставлены средние значения  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$ , полученные при азимутах Солнца менее 135° (вне города) и более 225° (над городом). Средние величины  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$  для восточного направления составили  $(-0,003 \pm 0,023)$  и  $(0,005 \pm 0,015)$  соответственно, для западного –  $(0,007 \pm 0,031)$  и  $(0,005 \pm 0,017)$ , что ниже погрешности определения АОТ. Различия между выборками оказались статистически незначимы (с доверительной вероятностью 0,95), что свидетельствует об отсутствии влияния антропогенного аэрозоля на результаты измерений АОТ при направлениях на Солнце, проходящих над городом.

Таблица 3

Статистические характеристики массива среднедневных значений АОТ и ОВС атмосферы в Томске и фоновом районе

Характеристика	Среднее $\pm$ СКО (Томск)	Среднее $\pm$ СКО (Обсерватория «Фоновая»)	R	$\sigma$	$\bar{\Delta}$
$\tau_{0,38}^a$	0,198 $\pm$ 0,082	0,197 $\pm$ 0,083	0,857	0,042	0,001
$\tau_{0,50}^a$	0,137 $\pm$ 0,055	0,136 $\pm$ 0,057	0,859	0,028	0,001
$\tau_{1,02}^a$	0,058 $\pm$ 0,022	0,051 $\pm$ 0,025	0,728	0,015	0,007
$\tau_{2,14}^a$	0,040 $\pm$ 0,019	–	–	–	–
$\alpha$	1,26 $\pm$ 0,27	1,45 $\pm$ 0,28	0,560	0,23	–0,19
$\beta$	0,057 $\pm$ 0,023	0,05 $\pm$ 0,025	0,773	0,015	0,007
$\tau^c$	0,038 $\pm$ 0,018	0,034 $\pm$ 0,023	0,763	0,012	0,004
$\tau_{0,5}^f$	0,1 $\pm$ 0,045	0,102 $\pm$ 0,045	0,867	0,023	–0,002
W, г/см <sup>2</sup>	1,471 $\pm$ 0,751	1,470 $\pm$ 0,764	0,980	0,15	0,001

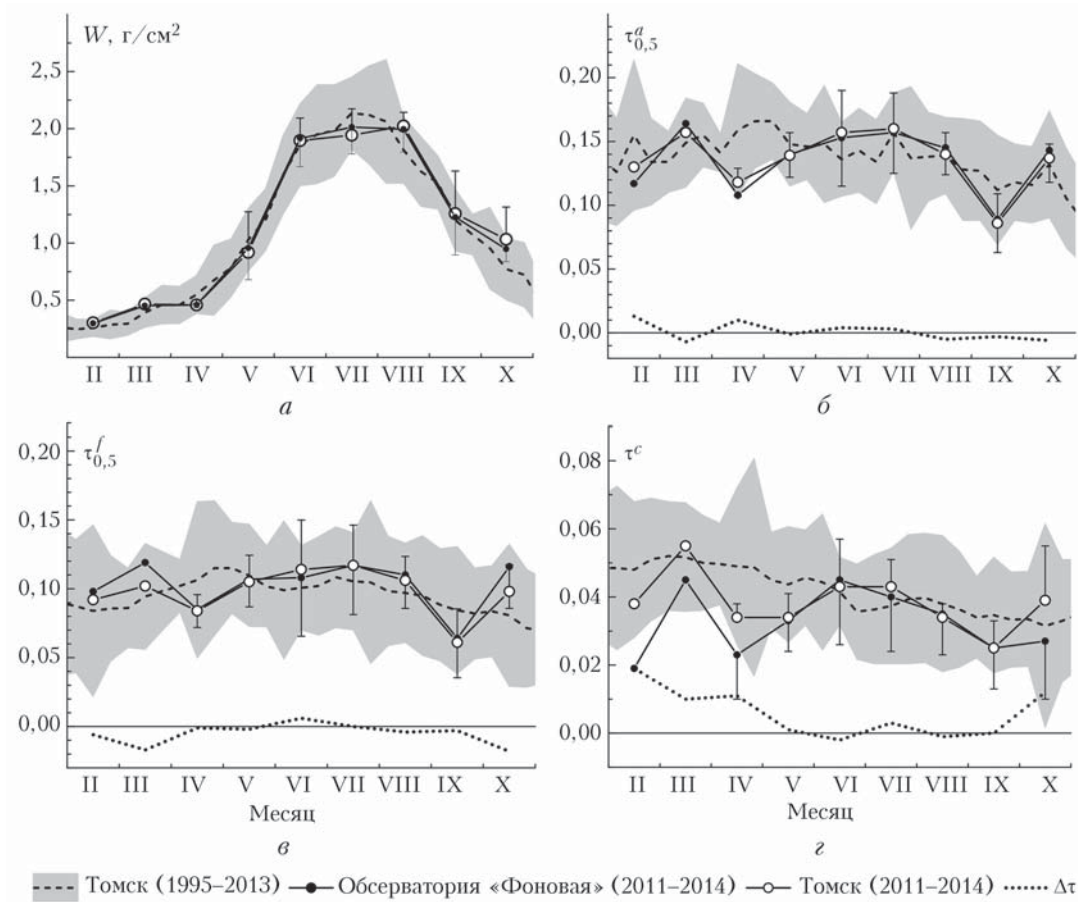


Рис. 5. Годовой ход ОВС (а),  $\Delta\tau_{0,5}^a$  (б),  $\Delta\tau_{0,5}^f$  (в) и  $\tau^c$  (г) в период совместных измерений в двух пунктах и по многолетним данным в г. Томске, а также различия в годовом ходе между городом и фоновым районом ( $\Delta\tau = \tau_{\text{город}} - \tau_{\text{фон}}$ )

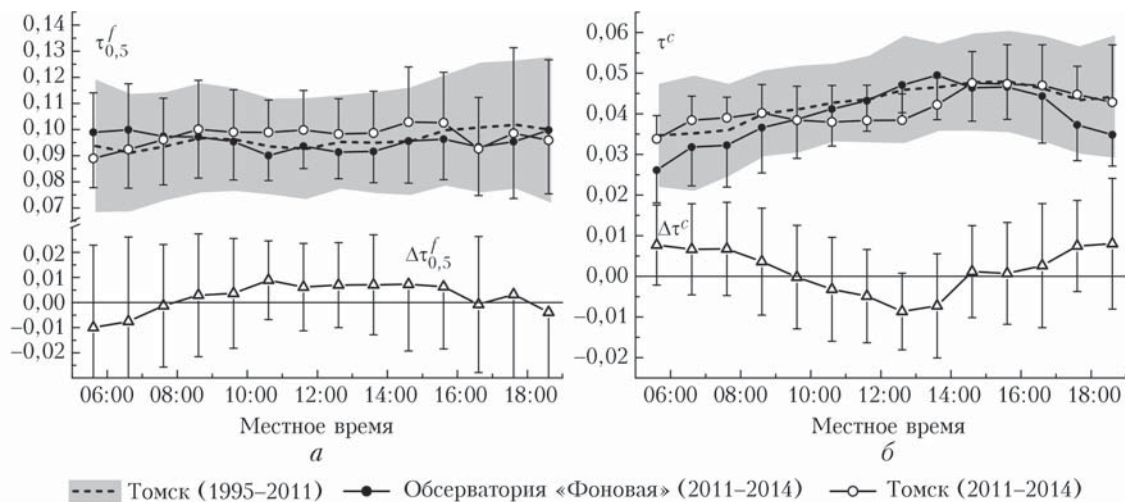


Рис. 6. Дневной ход АОТ мелко- (а), грубодисперсного (б) аэрозоля в сопоставлении с многолетними данными и их различий между городом и фоновым районом (май–сентябрь)

Анализ взаимосвязи среднечасовых величин  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$  с направлением ветра выявил следующее. Во время измерений в холодные периоды (октябрь–апрель) в 54% случаев ветер дул из сектора ЮЮВ–ЗЮЗ, а 31% приходился на направление

ССЗ–ВСВ. При этом средняя скорость ветра составляла 1 и 2,2 м/с соответственно. Оба этих направления не проходят через центральные части города, а средние величины  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$  ( $(-0,013 \pm 0,013)$  и  $(0,008 \pm 0,008)$ ) отражают лишь сезонные



особенности, рассмотренные ранее. Закономерностей же, связанных с влиянием города на замутнение атмосферы для разных направлений ветра в холодные периоды, не обнаруживается. Распределения средних величин  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$  в зависимости от направления ветра в период с мая по сентябрь представлены на рис. 7.

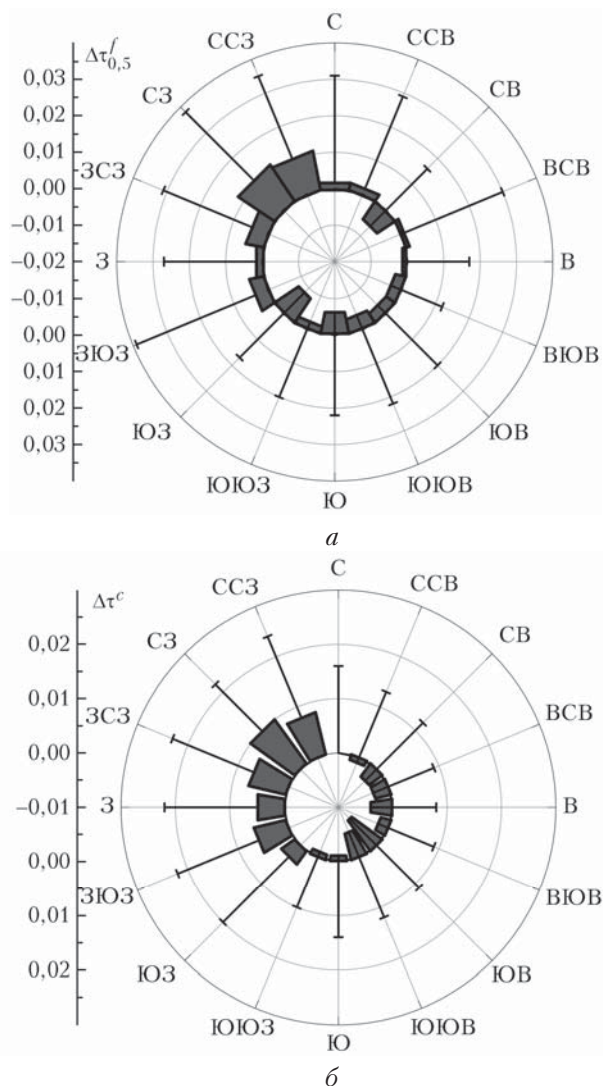


Рис. 7. Средние значения и СКО величин  $\Delta\tau_{0,5}^f$  (а) и  $\Delta\tau^c$  (б) при различных направлениях ветра (май–сентябрь)

Отметим, что средние значения скорости ветра по румбам невелики и находятся в пределах от  $(0,9 \pm 0,5)$  до  $(1,5 \pm 0,9)$  м/с, а значимых связей между  $\Delta\tau_{0,5}^f$ ,  $\Delta\tau^c$  и скоростью ветра, временем суток и направлением ветра не обнаруживается. Из рис. 7 следует, что при направлениях ветра со стороны города (ЗЮЗ–ССЗ) содержание мелко- и грубого аэрозоля над Академгородком всегда выше, чем в фоновом районе (средние значения  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$  составляют 0,007). При направлениях ветра из остальных направлений преобладает обратная тенденция ( $\Delta\tau_{0,5}^f = -0,003$ ,  $\Delta\tau^c = -0,002$ ).

В целом же представленные результаты сопоставления указывают на то, что влияние г. Томска на аэрозольное замутнение атмосферы если и есть, то достаточно слабое, поскольку все выявленные различия с фоновым районом не превышают погрешность определения АОТ.

#### 4. Вариации АОТ атмосферы в Байкальском регионе

Количество совместных измерений в этом регионе невелико (табл. 1) и составляет лишь три дня. Несмотря на то, что в эти дни вариации АОТ мелко- и грубодисперсного аэрозоля в двух пунктах были согласованны (коэффициенты корреляции величин  $\Delta\tau_{0,5}^f$  и  $\Delta\tau^c$  составили 0,916 и 0,944 соответственно, при  $R_{\text{зи}} \approx 0,236$ , средние различия АОТ атмосферы на западном и восточном берегах  $\overline{\Delta\tau_{0,5}^f} = (0,012 \pm 0,014)$ ,  $\overline{\Delta\tau^c} = (-0,006 \pm 0,005)$ ), делать какие-либо выводы даже в рамках одного сезона не представляется возможным. Поэтому сопоставление проводилось с привлечением всех измерений в каждом из пунктов, выполненных в июле–августе. Выбор временного интервала обусловлен тем, что, во-первых, большая часть данных получена именно в этот период, во-вторых, сопоставление результатов для двухмесячного интервала позволяет ослабить влияние на результаты анализа сезонных различий аэрозольного замутнения атмосферы. Такой подход не позволяет оценить согласованность вариаций АОТ в двух точках, однако дает возможность выявить значимые устойчивые различия в аэрозольном замутнении атмосферы, если таковые имеются.

Выборки усредненных за 1 ч замеров составили: п. Большие Коты – 247 (37 дней), п. Боярский – 86 (14 дней). Для сопоставления были привлечены данные станции AERONET вблизи п. Торы (июль–август 2006–2013 гг.), расположенной на расстоянии около 140 и 200 км восточнее рассматриваемых пунктов наблюдения. Напомним, что измерения, выполненные в присутствии дымов лесных пожаров, были исключены [27] как для анализируемых пунктов, так и для данных AERONET.

Сопоставление гистограмм повторяемости среднечасовых значений  $\tau_{0,5}^f$  и  $\tau^c$  (рис. 8) показывает, что распределения этих величин в каждом из пунктов имеют как свои особенности, так и общие черты. В частности, незначительное расхождение (на величину 0,02) наиболее вероятных значений  $\tau_{0,5}^f$  и наличие второго максимума для  $\tau^c$  в п. Боярский можно объяснить влиянием синоптических факторов на ограниченной по объему выборке, поскольку измерения выполнялись в разные дни. Общим является то, что диапазоны, в которых сосредоточена основная часть значений  $\tau_{0,5}^f$  и  $\tau^c$  для всех пунктов на рис. 8, достаточно близки. Более 75% значений  $\tau_{0,5}^f$  находится в диапазоне 0,04–0,14 и более 70% значений  $\tau^c$  – в диапазоне 0,01–0,05.

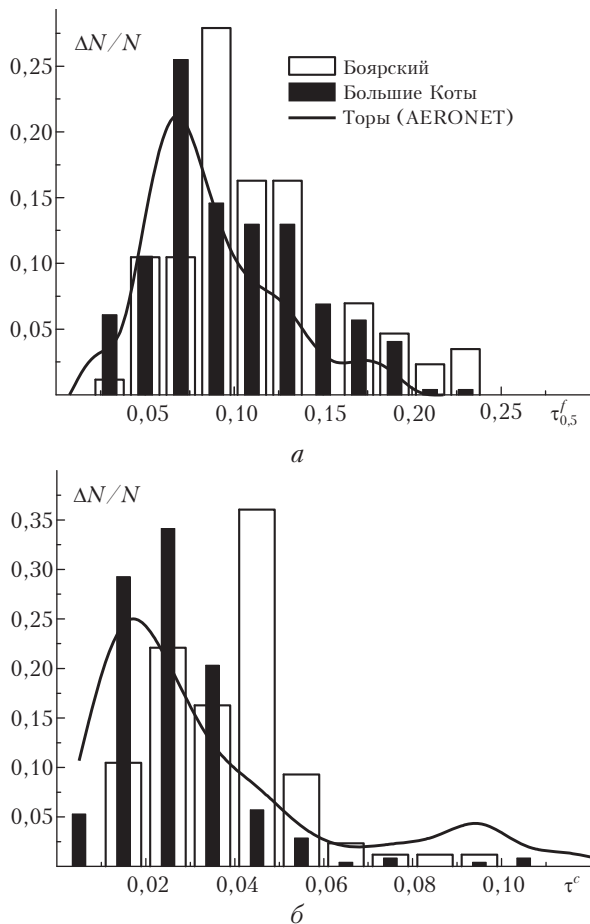


Рис. 8. Гистограммы повторяемости оптической толщи мелко- (а) и грубодисперсного (б) аэрозоля в п. Большие Коты, п. Боярский и на станции AERONET Торы (июль–август)

Средние спектральные зависимости АОТ атмосферы в п. Большие Коты и Боярский достаточно близки и хорошо согласуются с многолетними данными в п. Торы. Имеющиеся различия ( $\Delta\tau_{0,5}^f = 0,001$ ,  $\Delta\tau^c = -0,011$ ) не превышают погрешности определения АОТ.

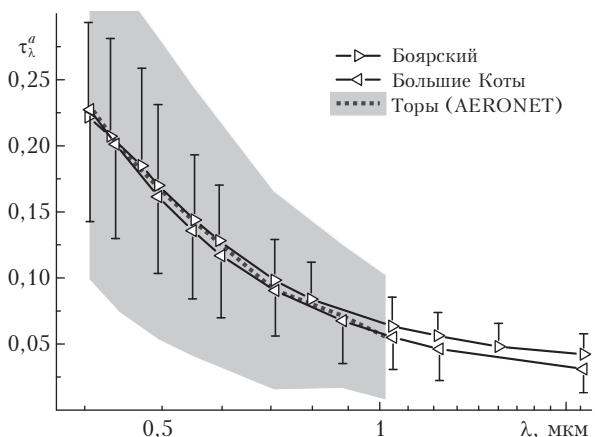


Рис. 9. Средние спектральные зависимости АОТ атмосферы в п. Большие Коты, п. Боярский и на станции AERONET Торы (июль–август)

Таким образом, результаты эксперимента в данном регионе пока не выявили устойчивых значимых различий между АОТ атмосферы на восточном и западном берегах оз. Байкал.

### Заключение

В последнее десятилетие в четырех регионах азиатской части России проводились двухточечные измерения АОТ атмосферы в соседних районах (на расстояниях 50–70 км) с целью оценки мезомасштабных неоднородностей аэрозольного замутнения, обусловленных влиянием антропогенных или других факторов [16–21]. Обобщение результатов этих экспериментов (с учетом настоящей работы) позволило определить три типа различий.

Многолетние измерения АОТ в районе Томска (Академгородок и обсерватория «Фоновая»), а также на восточном/западном берегах Байкала не выявили статистически значимого отличия аэрозольного замутнения в соседних районах.

Результаты экспериментов на Среднем Урале [18, 19] и Забайкалье [20] показали, что в Екатеринбурге и Улан-Удэ в среднем наблюдаются более высокие значения АОТ относительно фоновых районов. Этот факт трудно объяснить какими-то другими причинами, кроме антропогенного влияния.

Эксперименты, проведенные в Приморье [21], тоже выявили более высокие замутнения атмосферы во Владивостоке в сравнении с «фономым» Горностаёжным. Отличие Владивостока проявилось не только в средних значениях АОТ, но также в специфике сезонной, дневной изменчивости и зависимостях от направления ветра. По совокупности этих особенностей можно сделать вывод, что важную или преобладающую роль в замутнении атмосферы прибрежного Владивостока играет не антропогенный фактор, а влияние грубодисперсного морского аэрозоля.

Авторы выражают благодарность В. Holben и А. Smirnov за большой вклад в развитие сети станций AERONET на территории России.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов № П.2П/IX.135.6 и № 4.12 Программ фундаментальных исследований президиума РАН, данные с фотометра ИАПУ ДВО РАН были получены при поддержке гранта Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

1. Ивлев Л.С. Аэрозольное воздействие на климатические процессы // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 5. С. 392–410.
2. Prabhakar G., Betterton E.A., Conant W., Herman B.M. Effect of Urban Growth on Aerosol Optical Depth—Tucson, Arizona, 35 Years Later // J. Appl. Meteorol. Climatol. 2014. V. 53, N 8. P. 1876–1885.
3. Shinozuka Y., Redemann J. Horizontal variability of aerosol optical depth observed during the ARCTAS airborne experiment // Atmos. Chem. Phys. 2011. V. 11, N 16. P. 8489–8495. DOI: 10.5194/acp-11-8489-2011.
4. Che H., Zhang X., Chen H., Damiri B., Goloub P., Li Z., Zhang X., Wei Y., Zhou H., Dong F., Li D., Zhou T. Instrument calibration and aerosol optical depth validation of the China Aerosol Remote Sensing

- Network // J. Geophys. Res. 2009. V. 114. D03206. DOI: 10.1029/2008JD011030.
5. Wang Y., Xin J., Li Z., Wang S., Wang P., Hao W.M., Nordgren B.L., Chen H., Wang L., Sun Y. Seasonal variations in aerosol optical properties over China // J. Geophys. Res. 2011. V. 116. D18209. DOI: 10.1029/2010JD015376.
  6. Jin M.S., Kessomkiat W., Pereira G. Satellite-Observed Urbanization Characters in Shanghai, China: Aerosols, Urban Heat Island Effect, and Land-Atmosphere Interactions // Remote Sens. 2011. V. 3, N 1. P. 83–99. DOI: 10.3390/rs3010083.
  7. Xia X., Eck T.F., Holben B.N., Goloub Ph., Chen H. Analysis of the weekly cycle of aerosol optical depth using AERONET and MODIS data // J. Geophys. Res. 2008. V. 113. D14217. DOI: 10.1029/2007JD009604.
  8. Che H., Zhang X.-Y., Xia X., Goloub P., Holben B., Zhao H., Wang Y., Zhang X.-C., Wang H., Blarel L., Damiri B., Zhang R., Deng X., Ma Y., Wang T., Geng F., Qi B., Zhu J., Yu J., Chen Q., Shi G. Ground-based aerosol climatology of China: aerosol optical depths from the China Aerosol Remote Sensing Network (CARSNET) 2002–2013 // Atmos. Chem. Phys. 2015. V. 15, N 13. P. 7619–7652.
  9. Chubarova N.Y., Sviridenkov M.A., Smirnov A., Holben B.N. Assessments of urban aerosol pollution in Moscow and its radiative effects // Atmos. Measur. Techn. 2011. V. 4, N 2. P. 367–378.
  10. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И. Сезонные изменения параметров атмосферы по данным AERONET // Оптика атмосф. и океана. 2015. Т. 28, № 1. С. 76–85.
  11. Ужегова Н.В., Антохин П.Н., Белан Б.Д., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Фофонов А.В. Выделение антропогенного вклада в изменение температуры, влажности, газового и аэрозольного состава городского воздуха // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 7. С. 589–596.
  12. Яушева Е.П., Панченко М.В., Козлов В.С., Терпугова С.А., Чернов Д.Г. Влияние города на аэрозольные характеристики атмосферы Академгородка г. Томска в переходные сезоны // Оптика атмосф. и океана. 2014. Т. 27, № 11. С. 981–988.
  13. Кузнецова И.Н., Глазкова А.А., Шалыгина И.Ю., Нахаев М.И., Архангельская А.А., Звягинцев А.М., Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Лезина Е.А. Сезонная и суточная изменчивость концентраций взвешенных частиц в приземном воздухе жилых районов Москвы // Оптика атмосф. и океана. 2014. Т. 27, № 6. С. 473–482.
  14. Рахимов Р.Ф., Козлов В.С., Панченко М.В., Тумаков А.Г., Шмаргунов В.П. Свойства атмосферного аэрозоля в дымовых шлейфах лесных пожаров по данным спектрофелометрических измерений // Оптика атмосф. и океана. 2014. Т. 27, № 2. С. 126–133; Rakhimov R.F., Kozlov V.S., Panchenko M.V., Tumafov A.G., Shmargunov V.P. Properties of atmospheric aerosol in smoke plumes from forest fires according to spectrophelometer measurements // Atmos. Ocean. Opt. 2014. V. 27, N 3. P. 275–282.
  15. Ситнов С.А., Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Горчакова И.А., Карпов А.В., Колесникова А.Б. Аэромический мониторинг дымового аэрозоля на европейской части России в период массовых пожаров лесов и торфяников в июле–августе 2010 г. // Оптика атмосф. и океана. 2012. Т. 25, № 12. С. 1062–1076; Sitnov S.A., Gorchakov G.I., Sviridenkov M.A., Gorchakova I.A., Karpov A.V., Kolesnikova A.B. Aero-
  - space monitoring of smoke aerosol over the European part of Russia in the period of massive forest and peat-bog fires in July–August of 2010 // Atmos. Ocean. Opt. 2013. V. 26, N 4. P. 265–280.
  16. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Насртдинов И.М., Турчинович С.А., Турчинович Ю.С. Результаты двухточечных экспериментов по оценке антропогенного воздействия города на характеристики прозрачности атмосферы // Оптика атмосф. и океана. 2009. Т. 22, № 12. С. 1108–1113.
  17. Исследование радиационных характеристик аэрозоля в азиатской части России // Под общ. ред. С.М. Сакерина. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2012. 484 с.
  18. Поддубный В.А., Лужецкая А.П., Маркелов Ю.И., Кабанов Д.М. Оценка влияния города на аэрозольное замутнение атмосферы по данным двухточечных измерений «фон – промышленный город» // Оптика атмосф. и океана. 2012. Т. 25, № 4. С. 319–326; Poddubny V.A., Luzhetskaya A.P., Markelov Yu.I., Kabanov D.M. Estimate of the urban effect on aerosol turbidity of the atmosphere according to data of two-point “background-industrial city” measurements // Atmos. Ocean. Opt. 2012. V. 25, N 5. P. 364–371.
  19. Поддубный В.А., Польшкин В.В., Сакерин С.М., Голубокова Л.П., Лужецкая А.П., Маркелов Ю.И., Дубинкина Е.С., Хуриганова О.И. Комплексный аэрозольный эксперимент на Среднем Урале. Часть 1. Условия проведения и результаты фотометрических измерений // Оптика атмосф. и океана. 2016. Т. 29, № 12. (В печати).
  20. Заяханов А.С., Жамсуева Г.С., Нагулаев С.А., Цыдыпов В.В., Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Тацилин М.А. Результаты исследований аэрозольной оптической толщи атмосферы в Байкальском регионе // Оптика атмосф. и океана. 2010. Т. 23, № 6. С. 466–470.
  21. Сакерин С.М., Афонин С.В., Энгель М.В., Кабанов Д.М., Польшкин В.В., Турчинович Ю.С., Буккин О.А., Павлов А.Н. Пространственно-временная изменчивость аэрозольной оптической толщи атмосферы в Приморье и прилегающих морях в августе 2010 г. // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 9. С. 731–736.
  22. Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В. Прозрачность атмосферы за последние 50 лет и ее изменение на территории России. М.: Изд. ЛКИ, 2008. 188 с.
  23. Горбаренко Е.В. Аэрозольная составляющая оптической толщи атмосферы как характеристика антропогенного загрязнения воздуха над промышленными центрами // Метеорол. и гидрол. 1997. № 3. С. 12–18.
  24. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y.J., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., Smirnov A. AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Remote Sens. Environ. 1998. V. 66, N 1. P. 1–16.
  25. Automatic suntracking photometer CE-318. User manual [Электронный ресурс]. URL: [http://support.cimel.fr/photo/sunph\\_us.htm](http://support.cimel.fr/photo/sunph_us.htm) (дата обращения: октябрь 2016).
  26. Smirnov A., Holben B., Eck T.F., Dubovik O., Slutsker I. Cloud screening and quality control algorithms for the AERONET data base // Remote Sens. Environ. 2000. V. 73, N 3. P. 337–349.
  27. Сакерин С.М., Веретенников В.В., Журавлева Т.Б., Кабанов Д.М., Насртдинов И.М. Сравнительный анализ радиационных характеристик аэрозоля в ситуациях дымов пожаров и обычных условиях // Оптика атмосф. и океана. 2010. Т. 23, № 6. С. 451–461.

28. O'Neill N.T., Dubovik O., Eck T.F. A modified Angstrom coefficient for the characterization of submicron aerosols // *Appl. Opt.* 2001. V. 40, N 15. P. 2368–2375.
29. O'Neill N.T., Eck T.F., Smirnov A., Holben B.N., Thulasiraman S. Spectral discrimination of coarse and fine mode optical depth // *J. Geophys. Res. D.* 2003. V. 108, N 17. P. 4559–4573. DOI: 10.1029/2002JD002975.
30. Сакерин С.М., Павлов А.Н., Букин О.А., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Полякин В.В., Столярчук С.Ю., Турчинович Ю.С., Шмирко К.А., Майор А.Ю. Результаты комплексного аэрозольного эксперимента в переходной зоне «материк–океан» (Приморье и Японское море). Часть 1. Вариации аэрозольной оптической толщи атмосферы и вертикальные профили // *Оптика атмосф. и океана.* 2010. Т. 23, № 8. С. 691–699; Sakerin S.M., Pavlov A.N., Bukin O.A., Kabanov D.M., Kornienko G.I., Pol'kin V.V., Stolyarchuk S.Yu., Turchinovich Yu.S., Shmirko K.A., Mayor A.Yu. Results of an integrated aerosol experiment in the continent-ocean transition zone (Primorye and the Sea of Japan). Part 1: Variations of Atmospheric Aerosol Optical Depth and Vertical Profiles // *Atmos. Ocean. Opt.* 2011. V. 24, N 1. P. 64–73.
31. Сакерин С.М., Береснев С.А., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Николашкин С.В., Поддубный В.А., Тащилин М.А., Турчинович Ю.С., Холбен Б.Н., Smirnov A. Анализ подходов моделирования годового и спектрального хода аэрозольной оптической толщи атмосферы в регионах Сибири и Приморья // *Оптика атмосф. и океана.* 2014. Т. 27, № 12. С. 1047–1058; Sakerin S.M., Beresnev S.A., Kabanov D.M., Kornienko G.I., Nikolashkin S.V., Poddubny V.A., Tashchilin M.A., Turchinovich Yu.S., Holben B.N., Smirnov A. Analysis of approaches to modeling the annual and spectral behaviors of atmospheric aerosol optical depth in Siberia and Primorye // *Atmos. Ocean. Opt.* 2015. V. 28, N 2. P. 145–157.
32. Кабанов Д.М., Береснев С.А., Горда С.Ю., Корниенко Г.И., Николашкин С.В., Сакерин С.М., Тащилин М.А. Дневной ход аэрозольной оптической толщи атмосферы в нескольких регионах азиатской части России // *Оптика атмосф. и океана.* 2013. Т. 26, № 4. С. 291–296; Kabanov D.M., Beresnev S.A., Gorda S.Yu., Kornienko G.I., Nikolashkin S.V., Sakerin S.M., Tashchilin M.A. Diurnal behavior of aerosol optical depth of the atmosphere in a few regions of Asian part of Russia // *Atmos. Ocean. Opt.* 2013. V. 26, N 6. P. 466–472.
33. *Научно-прикладной справочник по климату СССР.* Вып. 26. Приморский край. Л.: Гидрометгиздат, 1966. 416 с.
34. Кабанов М.В., Панченко М.В., Пхалагов Ю.А., Ветренников В.В., Ужegov В.Н., Фадеев В.Я. Оптические свойства прибрежных атмосферных дымок. Новосибирск: Наука, 1988. 201 с.
35. Кабанов Д.М., Сакерин С.М. Прозрачность атмосферы над Атлантическим океаном. Часть 2. Вариации аэрозольной оптической толщи и влагосодержания атмосферы // *Оптика атмосф. и океана.* 2000. Т. 13, № 8. С. 716–722.

*D.M. Kabanov, G.S. Zhamsueva, A.S. Zayakhanov, G.I. Kornienko, S.A. Naguslaev, A.N. Pavlov, M.V. Panchenko, D.A. Pestunov, S.M. Sakerin, K.A. Shmirko. About results of two-site measurements of the aerosol optical depth of the atmosphere in certain regions of Russia.*

The results of two-site measurements of aerosol optical depth (AOD) of the atmosphere in Primorye (Vladivostok – village Gornotayezhnoe, a distance of 60 km), near Tomsk (Akademgorodok – observatory “Fonovaya”, 60 km), the western and eastern coasts of the lake Baikal (~69 km) are considered. It is shown that the level of turbidity of the atmosphere over Vladivostok is higher than over the remote inland area. Moreover, the main contribution to the differences is caused by high content of the coarse aerosol, obviously of marine origin, in the atmosphere over Vladivostok (compared with village Gornotayezhnoe). The difference between the measurement sites in other two regions does not exceed the error in determining the AOD.