

## Особенности пространственного распределения аэрозольной оптической толщи атмосферы в азиатской части России

С.М. Сакерин, С.Ю. Андреев, Т.В. Бедарева, Д.М. Кабанов\*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 19.01.2012 г.

Обсуждаются особенности пространственно-временной изменчивости аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы в азиатской части России по многолетним данным спутниковых наблюдений (MODIS/TERRA и AQUA). Выделяются регионы с квазигомогенным распределением аэрозольного замутнения: Западная, Восточная, Северная Сибирь, Забайкалье, Приморье и прилегающие моря. Приводятся характеристики годового хода АОТ в сопоставлении с результатами наземных наблюдений. Среди общих закономерностей для всех регионов отмечаются спад АОТ с апреля до начала зимы и одинаковая квазидвухлетняя цикличность в вариациях годовых значений. Наряду с этим азиатская часть России делится на две территории, которые различаются величиной, характером годового хода и коэффициентами взаимной корреляции АОТ: первая – районы бореальной зоны (включая Забайкалье), вторая – Приморье с прилегающими морями, отягощенными влиянием муссонных циркуляций.

*Ключевые слова:* спутниковый мониторинг, аэрозольная оптическая толщина, пространственное распределение, годового ход; *satellite monitoring, aerosol optical depth, spatial distribution, annual behavior.*

### Введение

В настоящее время наиболее детальную информацию о характеристиках аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы дает глобальная фотометрическая сеть AERONET [1], <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>). Однако в азиатской части России действует лишь шесть станций AERONET [2], что явно недостаточно для выяснения особенностей пространственного распределения атмосферного аэрозоля. АОТ атмосферы для длины волны 0,55 мкм восстанавливается также по данным измерений солнечной радиации на сети актинометрических станций [3, 4 и др.]. Но и их количество не так велико для большой территории Сибири и Дальнего Востока.

В последнее время к анализу пространственно-временной изменчивости АОТ атмосферы все шире привлекаются данные спутниковых измерений, которые органично дополняют результаты наземного мониторинга, проводимого в ограниченном числе районов. Достигнутый уровень погрешности восстановления АОТ по спутниковым наблюдениям [5, 6] вполне приемлем для решения многих климато-экологических задач.

\* Сергей Михайлович Сакерин (sms@iao.ru); Сергей Юрьевич Андреев (serga@iao.ru); Татьяна Владимировна Бедарева (btv@iao.ru); Дмитрий Михайлович Кабанов (dkab@iao.ru).

В наших предшествующих публикациях [2, 7–9] уже обсуждались закономерности пространственно-временной изменчивости АОТ атмосферы в азиатской части России на основе результатов наземных и спутниковых (MODIS) наблюдений. В настоящей статье продолжен анализ статистических характеристик АОТ для отдельных районов Сибири с квазигомогенным распределением аэрозольного замутнения. В отличие от [9], база исходной спутниковой информации дополнена новыми данными (до августа 2011 г.) и уточнены границы некоторых районов. Для оценки достоверности спутниковых данных проводится сопоставление с результатами наземных измерений АОТ атмосферы с использованием солнечных фотометров.

### 1. Выбор и проверка спутниковой информации

При анализе пространственного распределения АОТ атмосферы на территории Сибири и Дальневосточного региона использовались спутниковые данные спектрометра MODIS – АОТ на длине волны 0,55 мкм  $\tau_{0,55}^a$  с пространственным разрешением  $1^\circ$  и временным усреднением 1 мес. Указанная информация находится в свободном доступе на сайте [10]. Описание алгоритмов обработки результатов спутниковых измерений представлено в [11, 12].

Данные измерений характеристик АОТ на спутниках системы MODIS (Terra и Aqua) несколько различаются, в частности по времени наблюдений – утренние (Terra) и послеполуденные (Aqua) часы. Для выбора источника информации необходимо было провести взаимное тестирование спутниковых данных и их сравнение с результатами наземных измерений АОТ. Сравнительный анализ потребовался также в связи с тем, что в 2011 г. специалисты NASA завершили переход на новую версию представления спутниковых данных – коллекцию 5.1 [13].

Сопоставление среднемесячных значений  $\tau_{0,55}^a$ , полученных по данным двух спутников, проводилось для территории, ограниченной координатами 55–62° с.ш., 64–88° в.д. Результаты сравнения показали достаточно хорошее согласие данных Terra и Aqua (рис. 1): средний квадрат отклонения составляет 0,038, коэффициент взаимной корреляции – 0,917. АОТ атмосферы, восстановленное по данным Aqua, в среднем на 10% больше, но это различие не носит систематического характера.

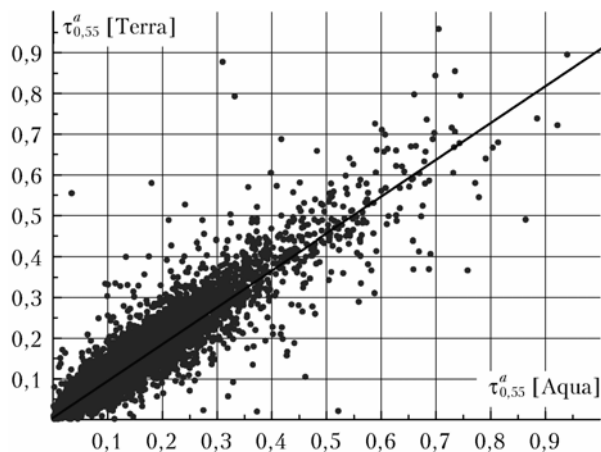


Рис. 1. Сопоставление среднемесячных значений  $\tau_{0,55}^a$  по данным измерений спутников Terra и Aqua (коллекция 5.1, данные 2003–2010 гг.)

Было проведено также сравнение спутниковых данных с результатами наземных измерений  $\tau_{0,55}^a$  солнечным фотометром в районе Томска (Академгородок). В этом случае использовались спутниковые значения  $\tau_{0,55}^a$  для территории  $1 \times 1^\circ$  в районе расположения фотометра – в восточном пригороде Томска (координаты 56–57° с.ш., 85°–86° в.д.). Из рис. 2 видно, что различие с наземными данными несколько больше, но оно не превышает погрешности спутникового метода: у спутника Terra средний квадрат отклонения  $\tau_{0,55}^a$  составляет 0,05 и коэффициент корреляции – 0,72, у спутника Aqua – 0,06 и 0,64 соответственно.

В среднем спутниковые данные дают завышенные значения АОТ относительно результатов наземных измерений: Terra на ~7%, Aqua на ~5%.

На основе проведенного анализа сделан вывод о соответствии спутниковой информации заявленному уровню точности [5] и целесообразности использования *совместного массива данных* спутников

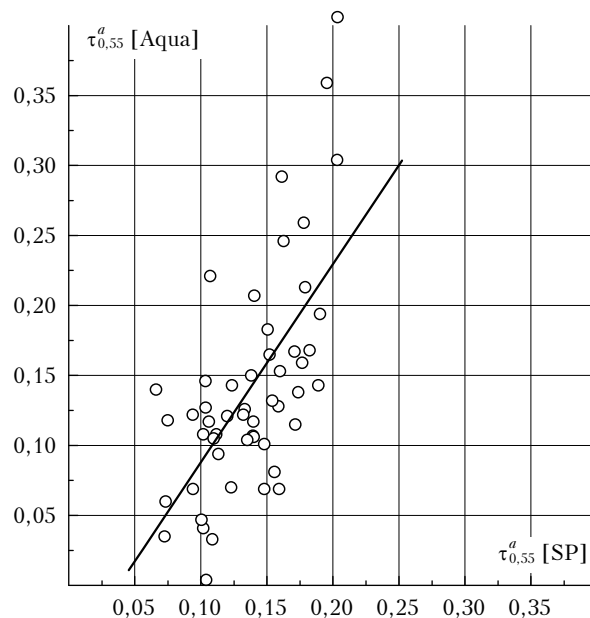
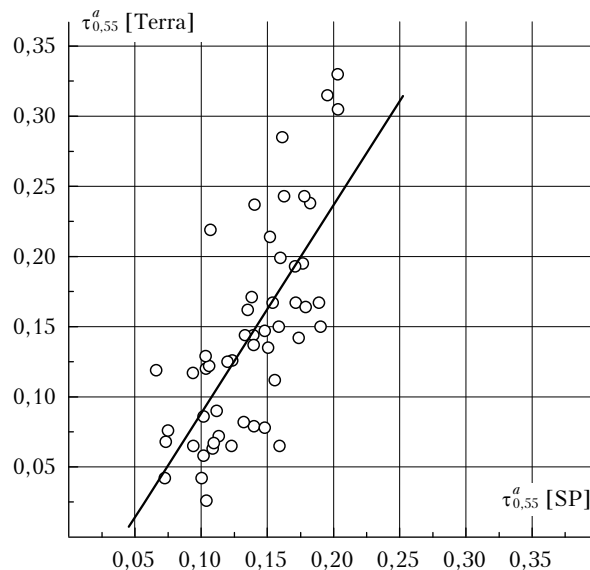


Рис. 2. Сопоставление  $\tau_{0,55}^a$  по данным спутниковых и наземных (SP) измерений в районе Томска (совместные данные за 2003–2010 гг.)

Terra и Aqua для оценки пространственного распределения АОТ атмосферы на территории Сибири.

## 2. Пространственное распределение АОТ атмосферы

Принимая во внимание особенности природно-климатических условий в Сибири, а также ранее полученные результаты [2–4 и др.], в распределении АОТ следует ожидать, в основном, широтную зависимость – уменьшение аэрозольного замутнения с юга на север. В меридиональном направлении нет существенных причин различия АОТ, так как климатические, ландшафтные условия и распределение антропогенных источников аэрозоля примерно одинаковы.

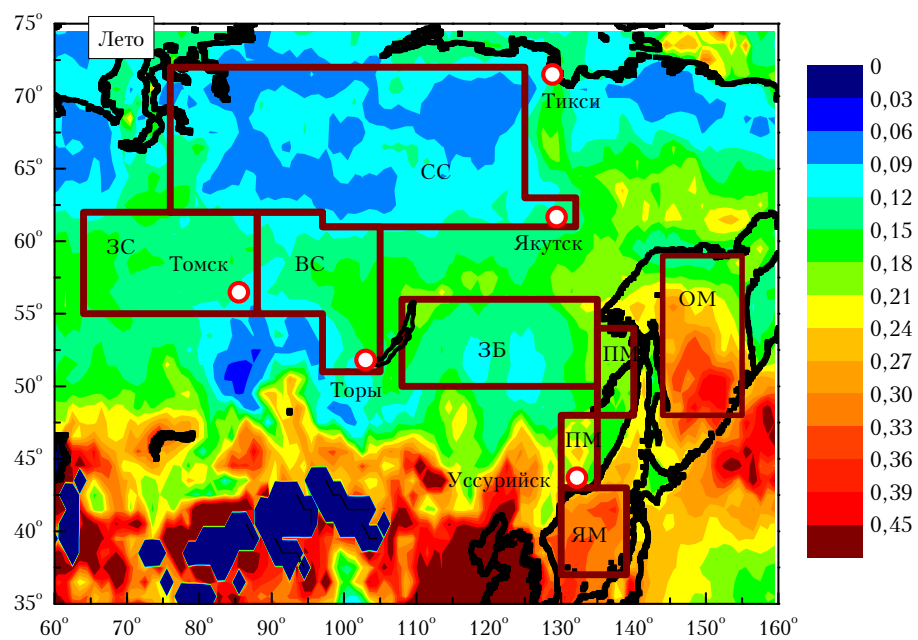
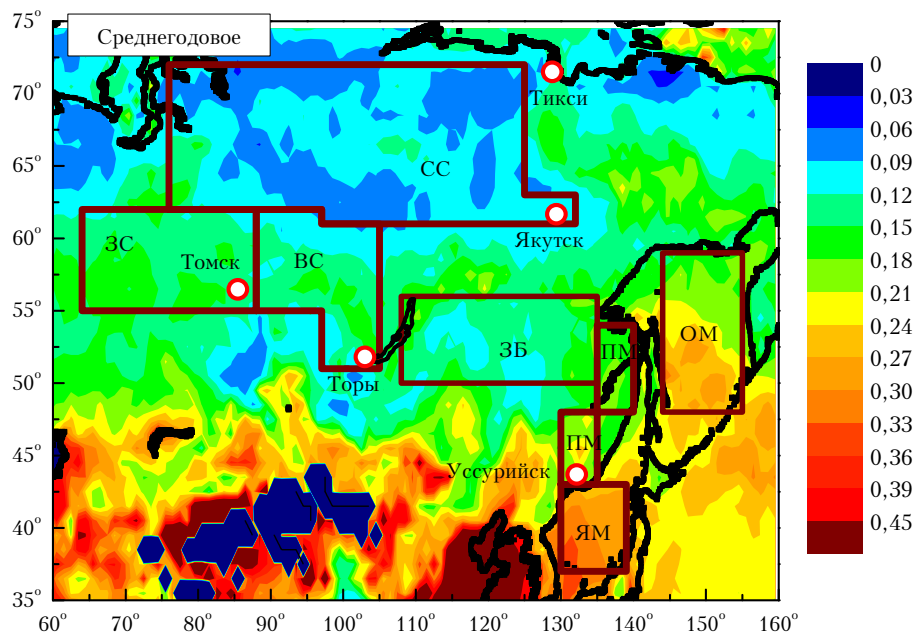


Рис. 3. Пространственное распределение среднегодовых и летних значений  $\tau_{0.55}^a$  в азиатской части России (прямоугольниками обозначены анализируемые районы, кружками – местоположение станций AERONET наблюдений)

То есть в пространственной изменчивости аэрозольного замутнения должна проявиться зональность, аналогичная другим климатическим характеристикам: 1) арктическая зона тундры, где ослаблено действие природных источников аэрозоля и практически отсутствуют антропогенные; 2) бореальная зона — основная часть территории Сибири, покрытая лесами и имеющая незначительное (локальное) антропогенное влияние; 3) степная и лесостепная зоны — наиболее освоенная и промышленно развитая территория на юге Западной Сибири, находящаяся также под влиянием выносов аэрозоля из Казахстана.

Нарушение в зональном распределении АОТ можно ожидать с приближением к океану и особенно в Приморье, отягощенном влиянием муссонных циркуляций и соседством с аридными и промышленными районами (Китай, Япония, Корея). Конечно, пространственные неоднородности (увеличения) АОТ могут наблюдаться в районах промышленных зон и городов (Кузбасс, Новосибирск, Красноярск, Иркутск и т.д.), но в данном случае речь идет не о локальных антропогенных воздействиях, а об особенностях распределения аэрозоля в крупных регионах.

На рис. 3 (см. цв. вклейку) представлены карты пространственной изменчивости среднегодовых и летних значений  $\tau_{0,55}^a$  на территории Сибири и Дальнего Востока, качественно аналогичные распределения наблюдаются весной и осенью.

Зимний сезон был исключен из рассмотрения по двум причинам: 1) малочисленности данных из-за низкого положения (или отсутствия) Солнца; 2) большей погрешности определения АОТ из космоса при высоких значениях альbedo подстилающей поверхности (снег). По этой же причине данные в высокоширотной зоне в начале весны могут давать искаженное представление в сравнении с данными более южных районов.

Анализ карт распределений АОТ подтвердил приведенные выше априорные соображения: на территории Сибири, в среднем, прослеживается убывание АОТ атмосферы с ростом широты. Общей для всей территории является сезонная изменчивость АОТ — максимальные замутнения наблюдаются весной, минимальные осенью, а летом промежуточные значения. Кроме общих закономерностей на картах АОТ проявляется ряд локальных областей с повышенным или пониженным аэрозольным замутнением. Географическое положение этих аномалий чаще всего совпадает с гористой местностью, где спутниковый метод дает искаженное представление из-за сложности учета реального альbedo поверхности и геометрических параметров наблюдений (высоты, углы), но возможны и другие причины проявившихся отклонений АОТ атмосферы.

Несмотря на зональность (в основном) распределения АОТ, для сравнительного анализа количественных характеристик были выделены не два (север—юг), а большее число районов с относительно однородным распределением аэрозоля: центральная часть Западной Сибири (ЗС), Восточная Сибирь (ВС), северная часть Сибири (СС). Кроме того, были уточнены средние значения  $\tau_{0,55}^a$ , полученные нами ранее

[9] для районов Дальнего Востока — Забайкалье (ЗБ), Приморье (ПМ), Охотское (ОМ) и Японское (ЯМ) моря. Координаты этих районов остались те же [9], а уточнение касается использования совместного массива данных (Terra/Aqua, коллекция 5.1) и привлечения новых результатов измерений — до 2011 г.

Так как нас интересовали не локальные аномалии, а типичные значения АОТ в фоновых районах, то при определении их границ мы постарались исключить горную местность, где спутниковые данные менее надежны. Приведенные названия регионов (ЗС, ВС и т.д.) являются условными, так как их границы меньше официальных географических. Тем не менее анализ карт показывает, что АОТ в выделенных районах характеризуют основную часть территорий каждого географического региона.

Распределение по районам средних значений  $\tau_{0,55}^a$  иллюстрируется на рис. 4.

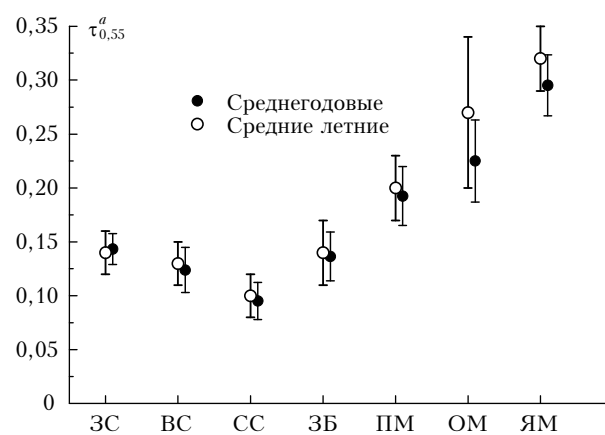


Рис. 4. Распределение по районам среднегодовых и летних значений  $\tau_{0,55}^a$  (MODIS)

Достаточно низкие и близкие значения АОТ (0,12–0,14) характерны для всей бореальной зоны — ЗС, ВС, ЗБ, а минимальные замутнения наблюдаются на севере Сибири (СС). Из-за совместного влияния пылевых и антропогенных выносов со стороны Китая, АОТ атмосферы в Приморье существенно выше — в ~1,5 раза по сравнению с соседним Забайкальем. Максимальное влияние муссонных выносов азиатского аэрозоля сказывается на атмосфере Японского моря — среднегодовое значение  $\tau_{0,55}^a$  около 0,3.

Относительно высокие значения АОТ над Охотским морем, отмеченные нами ранее [7, 9], пока не получили достоверного объяснения. Среди вероятных причин можно отметить: дальние переносы азиатского аэрозоля с юга или влияние вулканической деятельности Курило-Камчатской гряды.

### 3. Сезонная изменчивость АОТ в сравнении с наземными данными

Более детально межмесячная изменчивость АОТ атмосферы в различных районах иллюстрируется на рис. 5.

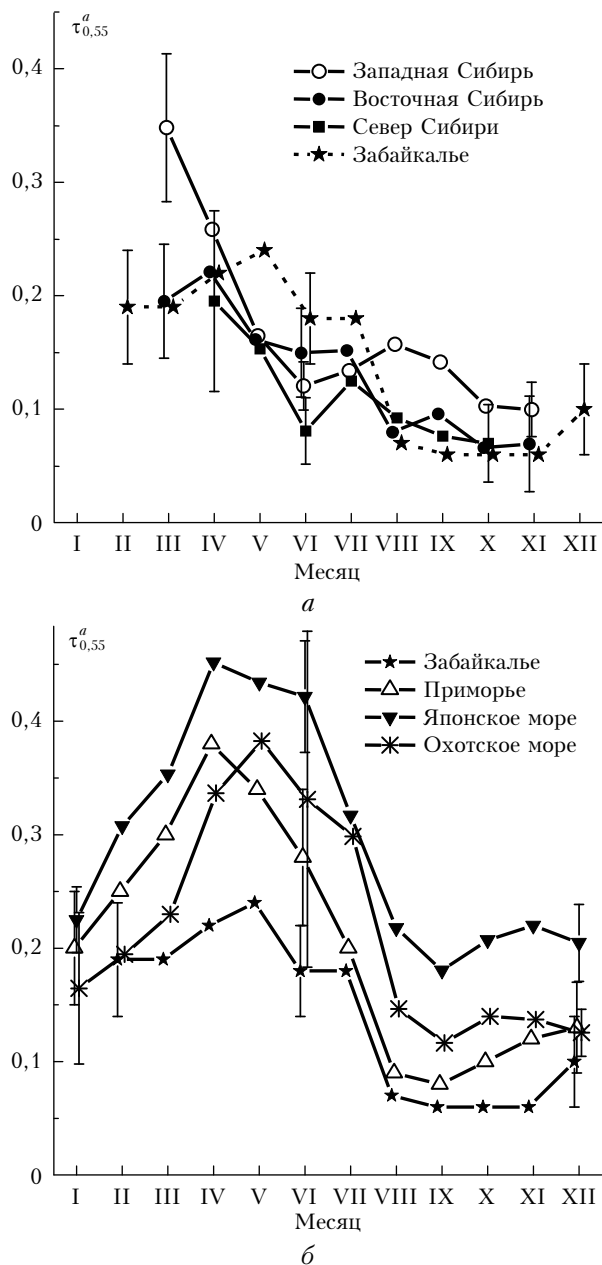


Рис. 5. Годовой ход АОТ в различных регионах Сибири (а) и Дальнего Востока (б)

Общей закономерностью является спад АОТ с апреля до начала зимы. Наряду с этим по характеру годового хода выделенные районы разделяются на две группы: Сибирь и Дальний Восток. Особенностью сибирских регионов (ЗС, СС, ВС) является достаточно быстрый весенний спад АОТ с минимумом в июне, а летом проявляется слабый вторичный максимум (июль или август). Малочисленность зимних данных в Сибири не позволяет определить характер (сроки) увеличения АОТ в период с декабря по март.

Большая высота Солнца и меньшая продолжительность снежного покрова в рассматриваемых Дальневосточных регионах обеспечивают возможность более полного восстановления годового хода АОТ. Из сравнения рис. 5, а и рис. 5, б хорошо видно два ос-

новных отличия от районов Сибири: 1) большие замутнения и амплитуда годового хода АОТ; 2) сдвиг весеннего максимума аэрозольного замутнения на летний период – спад АОТ заканчивается на 2 мес позже, в сентябре наблюдается минимум, а затем небольшое увеличение АОТ. Основная причина отличий уже отмечалась – выносы в апреле–июне аридного и промышленного аэрозоляменяются затем на поступление чистого воздуха со стороны океана.

Обратим внимание, что районы ВС и ЗБ с близкими значениями годового хода АОТ занимают промежуточное положение, характеризуя постепенный переход от Западной Сибири к Приморью.

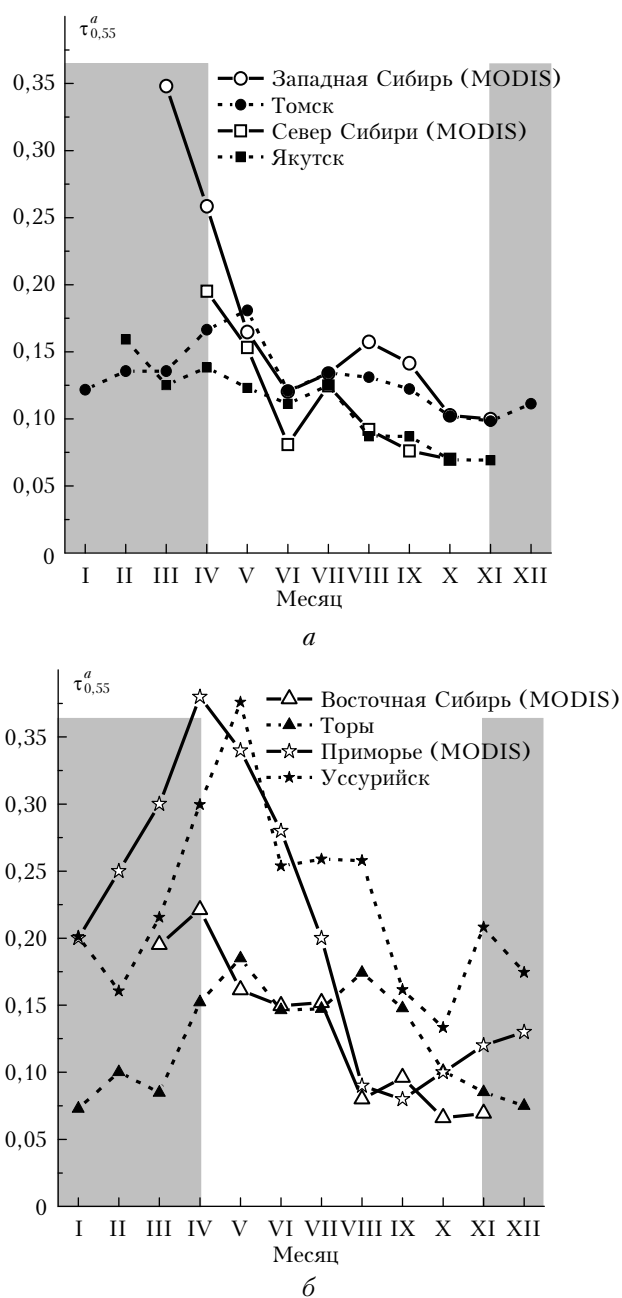


Рис. 6. Сравнение годового хода АОТ по результатам спутниковых и наземных измерений (серым фоном обозначены зоны с меньшей достоверностью спутниковых данных)

На территории четырех регионов (ЗС, СС, ВС, ПМ) с 2002–2004 гг. ведутся измерения АОТ атмосферы фотометрами сети AERONET соответственно в районе Томска, Якутска, пос. Торы и Уссурийска [2, 9, 14]. Это дало возможность провести сопоставление двух источников информации. Из рис. 6, а видно, что в течение 7 мес (май–ноябрь) результаты наземных и спутниковых измерений достаточно хорошо согласуются. В зимний период данные MODIS отсутствуют, а в марте–апреле дают завышенные значения, что, по-видимому, обусловлено погрешностью восстановления АОТ над снежной поверхностью.

В Восточной Сибири и Приморье приемлемое согласие данных AERONET и MODIS наблюдается только для 4 мес. Особенно велико различие между наземными и спутниковыми измерениями в августе: разность значений АОТ в районах «Торы–ВС» составляет около 0,09, «Уссурийск–ПМ» – 0,17. Причина высоких спутниковых значений  $\tau_{0,55}^a$  в начале года указывалась выше, а занижение данных во второй половине года пока не получило достоверного объяснения. Относительно наземных измерений АОТ можно выразить лишь некоторые сомнения для пос. Торы. Из-за особенностей расположения этой станции (в горной долине на высоте 670 м), данные в локальном районе со своим микроклиматом действительно могут отличаться от средних значений АОТ для всей рассматриваемой территории Восточной Сибири.

#### 4. Межгодовые колебания АОТ и корреляция между районами

Кроме средних характеристик была рассмотрена межгодовая изменчивость летних и годовых значений  $\tau_{0,55}^a$ . Из рис. 7 видно, что при разном уровне аэрозольного замутнения в отдельных районах в колебаниях АОТ проявляются общие черты: максимумы значений в 2003, 2006, 2008 гг. и минимумы в 2004 (2005), 2007, 2010 (2009) гг. Амплитуда межгодовых колебаний АОТ (от минимума до максимума) составляет 0,05–0,15, а периодичность от 2 до 3 лет. Из-за меньшего масштаба усреднения вариации летних значений АОТ в 2 раза выше.

Квазидвухлетняя цикличность, первоначально обнаруженная в экваториальном стратосферном ветре, наблюдается в вариациях многих климатических характеристик [15–17], хотя механизмы возбуждения этих колебаний окончательно не установлены [15, 18]. В данном случае мы не ставили задачу поиска связей с индексами циркуляции атмосферы или другими явлениями, а лишь обращаем внимание на проявление одинаковых квазидвухлетних осцилляций АОТ на достаточно большой территории.

В этой связи представляло интерес оценить степень взаимосвязи вариаций аэрозольного замутнения между отдельными регионами. С этой целью были рассчитаны коэффициенты взаимной корреляции по общему массиву данных – всех месячных значений  $\tau_{0,55}^a$  для каждого региона. Полученные результаты приведены в таблице, где жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции с доверительной вероятностью 0,95.

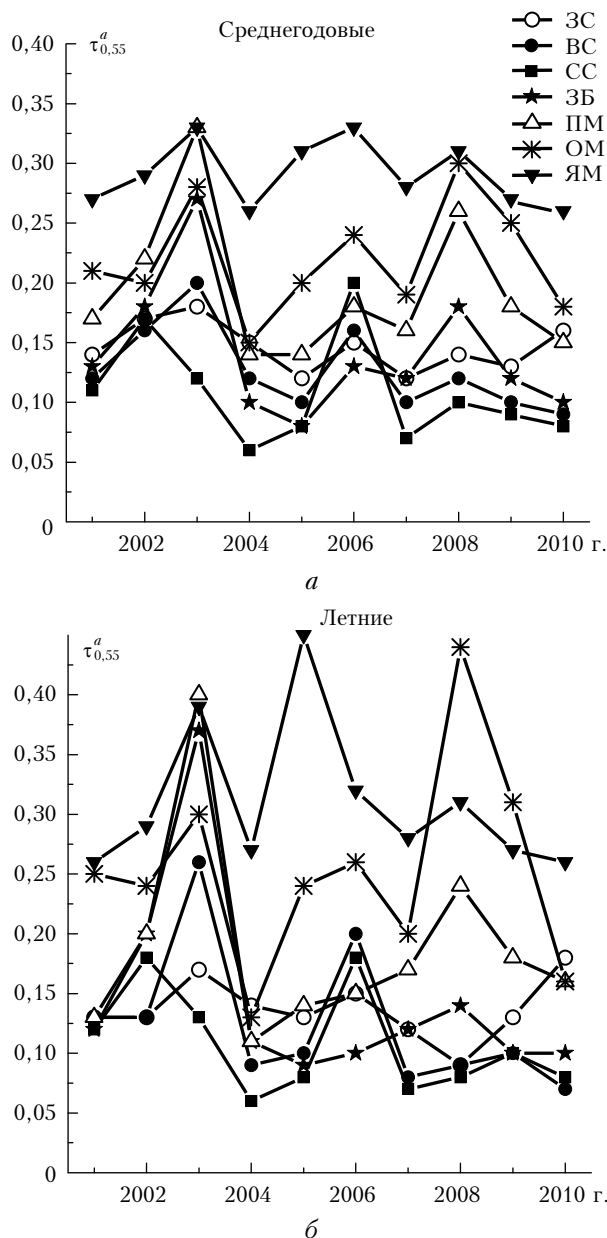


Рис. 7. Межгодовая изменчивость среднегодовых и летних значений  $\tau_{0,55}^a$  (MODIS) в различных регионах

Матрица коэффициентов взаимной корреляции вариаций АОТ в отдельных районах

	ЗС	ВС	СС	ЗБ	ПМ	ЯМ	ОМ
ЗС	1	<b>0,98</b>	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>	0,05	-0,14	-0,22
ВС		1	<b>0,73</b>	<b>0,67</b>	0,04	-0,16	-0,24
СС			1	<b>0,49</b>	0,13	-0,02	-0,18
ЗБ				1	-0,04	-0,24	-0,25
ПМ					1	<b>0,75</b>	<b>0,68</b>
ЯМ						1	<b>0,70</b>
ОМ							1

По уровню взаимосвязи вариаций АОТ рассматриваемые районы хорошо разделяются на две взаимно независимые территории: первая – вся boreальная зона (включая Забайкалье), вторая – Приморье

с прилегающими морями. Кроме того, для Охотского моря наблюдается слабая, но статистически значимая отрицательная корреляция АОТ со всеми районами boreальной зоны.

Результаты анализа межгодовых колебаний (см. рис. 7) и вариаций месячных значений АОТ (см. таблицу) не противоречат, а дополняют друг друга. С одной стороны, в единообразии изменчивости АОТ (в масштабах года) на всей рассматриваемой территории проявляется неустойчивость (осцилляции) общей циркуляции атмосферы. С другой стороны, в различии связи межмесячных вариаций АОТ отражается специфика двух типов районов: подверженных влиянию муссонной циркуляции и расположенных в глубине континента.

### Заключение

На основе тестирования многолетних спутниковых (MODIS) значений АОТ показано их соответствие заявленному уровню погрешности [5] и целесообразность использования совместного (Terра и Aqua) массива данных для анализа пространственного распределения аэрозольного замутнения в азиатской части России. Приведены количественные характеристики годового хода АОТ в семи районах — Западная, Восточная, Северная Сибирь, Забайкалье, Приморье, Японское и Охотское моря.

Общими закономерностями для всей рассматриваемой территории являются спад аэрозольного замутнения с апреля до начала зимы и квазидвухлетняя цикличность в вариациях годовых значений АОТ. По величине и характеру годового хода АОТ выделенные районы разделяются на две территории — Сибирь и Дальний Восток. Особенности сибирских регионов являются достаточно малые значения и быстрый весенний спад АОТ с минимумом в июне. Регионы Дальнего Востока отличаются продолжительным периодом высоких замутнений атмосферы, обусловленных муссонными выносами азиатского аэрозоля.

Деление на две группы подтверждается и результатами анализа коэффициентов взаимной корреляции месячных значений  $\tau_{0,55}^a$ . В первую группу входят районы boreальной зоны Сибири с высокой корреляцией АОТ, во вторую — Приморье с прилегающими морями. По величине АОТ и коэффициентам взаимной корреляции  $\tau_{0,55}^a$  Забайкалье соответствует районам Сибири. В то же время в годовом ходе АОТ есть общие черты с годовым ходом в Приморье (повышенные значения с мая по июль).

Сопоставление результатов наземных фотометрических наблюдений в районе Томска, Якутска, пос. Торы со спутниковыми данными в соответствующих районах с мая по ноябрь показало их хорошее согласие. В зимнее время данные MODIS отсутствуют, а в марте — апреле дают завышенные значения. Пока не получили объяснения более низкие спутниковые значения  $\tau_{0,55}^a$  в Приморье во второй половине года по сравнению с данными наземных измерений вблизи Уссурийска.

Работа выполнена при финансовой поддержке СО РАН (партнерского интеграционного проекта СО РАН № 25), Государственного контракта № 02.740.11.0674 и проекта № 23.1 Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

1. 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., Jankowski 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.
2. 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., Тацлин М.А., Турчинович С.А., Турчинович Ю.С., Холбен Б., Ерёмкина Т.А. Характеристики годового хода спектральной аэрозольной оптической толщи атмосферы в условиях Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2009. Т. 22, № 6. С. 566–574.
3. Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В. Прозрачность атмосферы за последние 50 лет и ее изменение на территории России. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 188 с.
4. Плахина И.Н., Панкратова Н.В., Махоткина Е.Л. Вариации аэрозоля в толще атмосферы по данным Российской актинометрической сети (1976–2006 гг.) // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2009. Т. 45, № 4. С. 489–500.
5. Remer L.A., Kaufman Y.J., Tanre D., Mattoo D., Chu D.A., Martins J.V., Li R.R., Ichoku C., Levy R.C., Kleidman R.G., Eck T.F., Vermote E., Holben B.N. The MODIS aerosol algorithm, products and validation // J. Atmos. Sci. 2005. V. 62. P. 947–973.
6. Remer L., Tanre D., Kaufman Y., Levy R., Mattoo S. Algorithm for Remote Sensing of Tropospheric Aerosol from MODIS: Collections 005 and 051: Revision 2; Feb 2009; MODIS ATBD. URL: [http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/\\_docs/ATBD\\_MOD04\\_C005\\_rev2.pdf](http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/_docs/ATBD_MOD04_C005_rev2.pdf).
7. Сакерин С.М., Афонин С.В., Энгель М.В., Кабанов Д.М., Польшкин В.В., Турчинович Ю.С., Букин 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.
8. Сакерин С.М., Павлов А.Н., Букин О.А., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Польшкин В.В., Столярчук С.Ю., Турчинович Ю.С., Шмирко К.А. 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.
9. Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Бедарева Т.В., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Holben B., Smirnov A. Аэрозольная оптическая толщина атмосферы в Дальневосточном Приморье по данным спутниковых и наземных наблюдений // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 654–660.
10. URL: [http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance\\_id=MODIS\\_MONTHLY\\_L3](http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=MODIS_MONTHLY_L3)
11. URL: [http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/\\_docs/MOD04-MYD04\\_ATBD\\_C005.pdf](http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/_docs/MOD04-MYD04_ATBD_C005.pdf)
12. URL: [http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/products\\_C051update.html](http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/products_C051update.html)
13. URL: [http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/\\_docs/Collection\\_051\\_Changes\\_v1.pdf](http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/_docs/Collection_051_Changes_v1.pdf)
14. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Панченко М.В., Польшкин В.В., Холбен Б.Н., Смирнов А.В., Береснев С.А., Горда С.Ю., Корниенко Г.И., Николашкин С.В., Под-

- дубный В.А., Тащилин М.А.* Результаты мониторинга атмосферного аэрозоля в азиатской части России по программе AEROSIBNET в 2004 г. // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18, № 11. С. 968–975.
15. *Молов И.И., Елисеев А.В.* Изменения характеристик квазидвухлетней цикличности зонального ветра и температуры приэкваториальной нижней стратосферы // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 1998. Т. 34, № 3. С. 327–336.
16. *Звягинцев А.М., Ананьев Л.Б., Артамонова А.А.* Изменчивость общего содержания озона над территорией России в 1973–2008 гг. // Оптика атмосф. и океана. 2010. Т. 23, № 3. С. 190–195.
17. *Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В.* Влияние атмосферной циркуляции на температурный режим Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 1. С. 15–21.
18. *Груздев А.Н., Безверхний В.А.* Об источниках квазидвухлетней цикличности в атмосфере северного полушария // Докл. РАН. 2003. Т. 389, № 4. С. 528–531.

*S.M. Sakerin, S.Yu. Andreev, T.V. Bedareva, D.M. Kabanov.* **Specific features of the spatial distribution of the atmospheric aerosol optical depth in the Asian part of Russia.**

The specific features of the spatiotemporal variations of the atmospheric aerosol optical depth (AOD) in the Asian part of Russia according to multiyear data of satellite (MODIS/TERRA and AQUA) observations are discussed. We single out the regions with quasi-homogeneous distribution of the aerosol turbidity: West, East, North Siberia, Transbaikalia, Primorye, and adjoining seas. The characteristics of the annual AOD behavior are presented in comparison with results of ground-based observations. The common regularities for all regions include the AOD decrease from April to early winter and similar quasibiennial oscillations in the variations of annual values. In addition, the Asian part of Russia is divided into two territories, which differ in the value, character of annual behavior, and in the cross-correlation coefficients of AOD: the first territory encompasses the regions of boreal zone (including Transbaikalia), and the second territory encompasses Primorye with adjoining seas, burdened by the effect of monsoon circulations.