

## Исследование изменчивости вертикальной структуры фонового аэрозоля в стратосфере над Томском на основе лидарных наблюдений в 2010–2011 гг.

В.Н. Маричев<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Поступила в редакцию 3.04.2012 г.

Анализируются экспериментальные данные по изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля, полученные на лидарном комплексе малой станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за период 2010–2011 гг. Характерной особенностью указанного периода было практическое отсутствие вулканической активности с выбросами в стратосферу. Поэтому возникла возможность для изучения поведения вертикальной структуры фонового аэрозоля в стратосфере ежемесячно за отдельные ночи в течение двух лет. По результатам анализа выявлены отличия вертикальной стратификации аэрозоля между 2010 и 2011 г. Для 2010 г. максимальное аэрозольное наполнение отмечалось в январе до высот 30 км, с февраля начиналось его убывание до практического исчезновения в марте–августе, а с сентября происходил устойчивый рост. В 2011 г. наблюдалось более интенсивное и продолжительное аэрозольное наполнение стратосферы. Так, высота протяженности аэрозольной компоненты в январе–марте достигала 40 км, отсутствие аэрозоля в стратосфере ограничилось тремя месяцами (май–июль).

*Ключевые слова:* лидар, аэрозоль, стратосфера, аэрозольные слои; lidar, aerosol, stratosphere, aerosol layers.

### Введение

Известно, что аэрозоль является одним из главных климатообразующих компонентов атмосферы. Его влияние на формирование глобального климата происходит через радиационное возмущающее воздействие на систему «атмосфера–Земля» [1, 2]. Такое воздействие может реализовываться прямым и косвенным образом. Прямым: в тропосфере, как и в стратосфере, отражением солнечной радиации в космос и пропусканием к поверхности Земли. Косвенным: в тропосфере его взаимодействием с облаками, в стратосфере – с разрушением озонового слоя, при котором происходит увеличение прихода ультрафиолетовой радиации на поверхность Земли и остывание стратосферного слоя [1, 3]. В любом случае для исследования воздействия аэрозольной компоненты на климатические изменения необходима информация о количестве ее содержания в указанных слоях атмосферы, изменчивости, высотном распределении и т.д. Такие данные могут поставляться спутниковыми наблюдениями (CALIPSO) и наземными измерениями (лидарные сети: NDACC – стратосфера, EARLINET, AD-Net, CIS-LiNet – тропосфера).

В России в лидарных исследованиях аэрозоля активное участие принимает ИОА СО РАН. Так, на

лидарах ЛОЗА-S и ЛОЗА-2М, включенных в состав сети AD-Net, на основе многочастотного зондирования проводятся комплексные исследования оптических и микрофизических характеристик вертикального распределения аэрозоля в тропосфере [4, 5].

Исследование стратосферного аэрозоля было начато автором на малой станции высотного зондирования атмосферы (МСВЗА) в 1986 г. В настоящее время эти исследования продолжаются в составе двух станций: названной выше МСВЗА и Сибирской лидарной станции [6–9]. Также изучение стратосферного и мезосферного аэрозоля проводится на созданных при помощи ИОА лидарных станциях ИКФИА СО РАН (Якутск) и ИКИР ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский) [10–12].

Поскольку в статье обсуждаются результаты исследования вертикальной структуры стратосферного аэрозоля, то необходимо отметить особенности его воздействия на возможные изменения климата. Наиболее сильно такое воздействие происходит при вулканических выбросах в стратосферу, при этом происходит резкое возрастание содержания аэрозоля, а также при появлении полярных стратосферных облаков. Уникален факт, когда при извержении влк. Пинатубо в 1991 г. в стратосферу было выброшено 200 МГт сернистого газа [13], что привело к образованию огромного количества сернистого аэрозоля. Как следствие этого возмущения были зарегистрированы падение температуры на 0,5 °С и чрезмерное

\* Валерий Николаевич Маричев (marichev@iao.ru).

сокращение озонового слоя, в частности образование крупной озоновой дыры над Антарктидой [http://www.stranz.ru/vulkan/2109-pinatubo.html]. А при лидарных наблюдениях над Томском было зафиксировано превышение максимального после извержения вулкана содержания аэрозоля в слое стратосферы 15–30 км над его фоновым уровнем более чем в 30 раз [14]. Поэтому понятен огромный интерес к исследованию последствий вторжений вулканического аэрозоля в стратосферу. С наблюдением и анализом вертикально-временной динамики стратосферного вулканического аэрозоля над Томском за последний период вулканической активности 2006–2010 гг. можно ознакомиться в работах [15–18].

Остается важным вопрос поведения вертикально-временного наполнения стратосферы фоновым аэрозолем. Если образовавшийся от вулканических выбросов аэрозоль вызывает кратковременные возмущения в стратосфере (исключение – выбросы от вулканов Эль-Чичон и Пинатубо) с последующей достаточно быстрой релаксацией, то фоновый аэрозоль характеризует устойчивое и долговременное воздействие на изменение радиационного баланса, а следовательно, и на климатические изменения. В работах [19–21] описываются некоторые результаты лидарных исследований фонового аэрозоля в стратосфере над Томском. В частности, в них приводятся так называемые «региональная эмпирическая модель фонового стратосферного аэрозоля» и «статистические сезонные модели вертикального распределения оптических характеристик САС», построенные на данных лидарных наблюдений над Томском, собранных за отдельные периоды в течение 2000–2008 гг. К сожалению, авторы нигде не приводят сведений об исходном статистическом материале, разделение на сезонные модели «зима–весна» и «лето–осень» является достаточно грубым (почему не зима, весна, лето или осень?), причем эти модели в пределах коридора стандартного отклонения совпадают. Кроме того, там в качестве основного материала приводится тренд интегрального коэффициента обратного рассеяния в интервале высот 15–30 км, профильные характеристики представляются в виде иллюстраций отдельных случаев, интервал зондирования ограничен высотой 30 км.

В настоящей статье автор в проведенных лидарных исследованиях попытался устранить ряд указанных недостатков. Это стало возможным после модернизации лидарного комплекса МСВЗА. Применение современных высокочувствительных фотомодулей, быстродействующих счетчиков фотонов и эффективных узкополосных интерференционных фильтров при приеме сигнала крупногабаритной антенной с диаметром главного зеркала 1 м позволило значительно повысить точность измерений и расширить высотный диапазон зондирования до

мезосферных слоев. В результате проведенных наблюдений был накоплен достаточно большой статистический массив данных (см. ниже), позволивший провести детальное исследование профильных характеристик фонового аэрозоля на уровне внутримесячных и межмесячных изменений за 2010–2011 гг. в расширенном диапазоне высот от 10–15 до 60 км. Как показали измерения за указанный период, расширение высотного диапазона позволило впервые отследить динамику проникновения аэрозольной компоненты до верхней границы стратосферы.

## Статистика наблюдений, пространственно-временные характеристики измерений и параметр анализа вертикальной стратификации аэрозоля

Экспериментальные данные были получены на лидарном комплексе МСВЗА ИОА СО РАН, позволяющем наряду с измерением вертикальной стратификации аэрозоля производить измерения вертикального распределения температуры [22, 23].

Для анализа наблюдений в качестве первичной информации использовался массив измерений из 251 суммарного сигнала. Из них 111 в 2010 г. и 142 в 2011 г. Распределение наблюдений по месяцам приведено в таблице.

Интервал зондируемых высот простирался от 15–20 до 50–60 км, пространственное разрешение составляло 192 м, общее время накопления сигнала за ночь – около 2 ч. Полностью проведена обработка полученных суммарных сигналов, и, таким образом, продолжен набор данных для создания статистически обеспеченного ряда наблюдений вертикального распределения аэрозоля над регионом Западной Сибири.

В качестве параметра, описывающего вертикальную стратификацию аэрозоля, представлена оптическая характеристика  $R(H)$  – отношение аэрозольного рассеяния ( $H$  – текущая высота). (По определению  $R(H)$  – отношение суммы аэрозольного и молекулярного коэффициентов обратного рассеяния к молекулярному коэффициенту обратного рассеяния.) Для примера: выполнение условий  $R(H) = 1$  означает отсутствие на данных высотах аэрозоля и, наоборот, там, где  $R(H) \geq 1$ , появляется аэрозоль. По значению  $R(H)$  определяется вклад аэрозольного рассеяния в общее рассеяние и косвенным путем оценивается величина аэрозольной компоненты.

Более подробно с техническими характеристиками лидарного комплекса и методикой обработки данных можно ознакомиться в работах [15, 24].

Количество отдельных ночных наблюдений по месяцам 2010–2011 гг.

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	14	14	10	13	9	7	8	8	10	4	3	11
2011	17	14	20	9	7	12	13	10	14	9	8	9

## Результаты наблюдений и их обсуждение

Период наблюдений за 2010 г. был достаточно спокойным относительно проявления в стратосфере вулканической активности по сравнению с предыдущими 2008–2009 гг., когда произошли извержения влк. Окмок, Касаточи и Пик Сарычева [15, 16, 18], и тем более с 90-ми гг. XX в., когда большая масса аэрозольно-газового облака была выброшена в стратосферу после извержения влк. Пинатубо [13, 14].

На рис. 1 на примере отдельных месяцев сезона показана динамика аэрозольного наполнения стратосферы. Здесь, как и на всех последующих рисунках, даны профили отношения рассеяния  $R$  с коридором стандартного отклонения. Для января (рис. 1, *a*) аэрозоль в основном распространяется до высот 25 км, в отдельных случаях достигает 30 км.

Интенсивность аэрозольного наполнения стратосферы, оцениваемая по значению отношения рассеяния, достигает  $R \geq 2$  и монотонно убывает по высоте. В феврале (рис. 1, *б*) содержание аэрозоля в стратосфере уменьшается и ограничивается высотой 25 км,

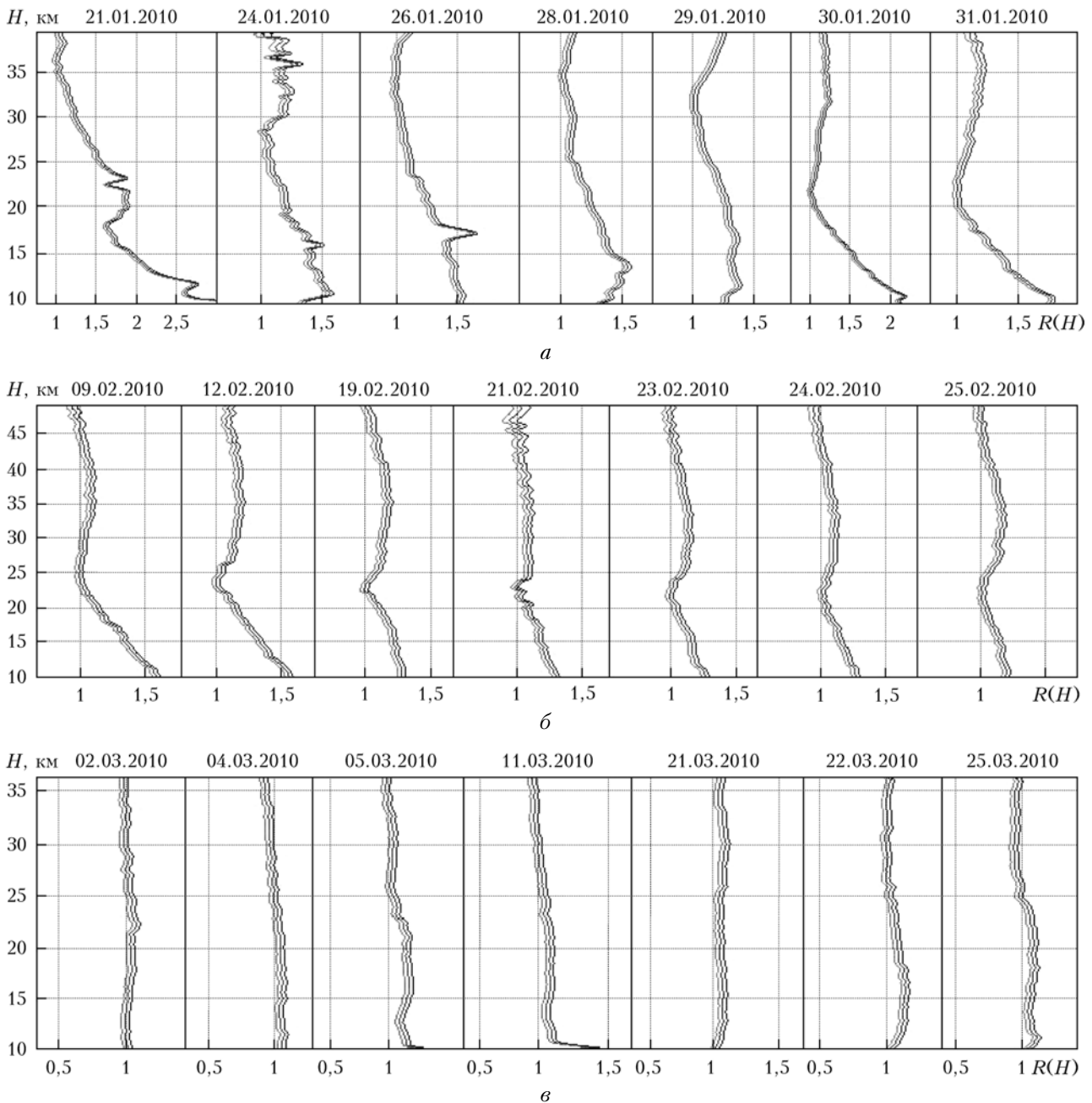


Рис. 1. Динамика вертикальной структуры аэрозоля в отдельные месяцы 2010 г.: *a* – январь; *б* – февраль; *в* – март; *г* – июль; *д* – август; *е* – сентябрь; *ж* – декабрь

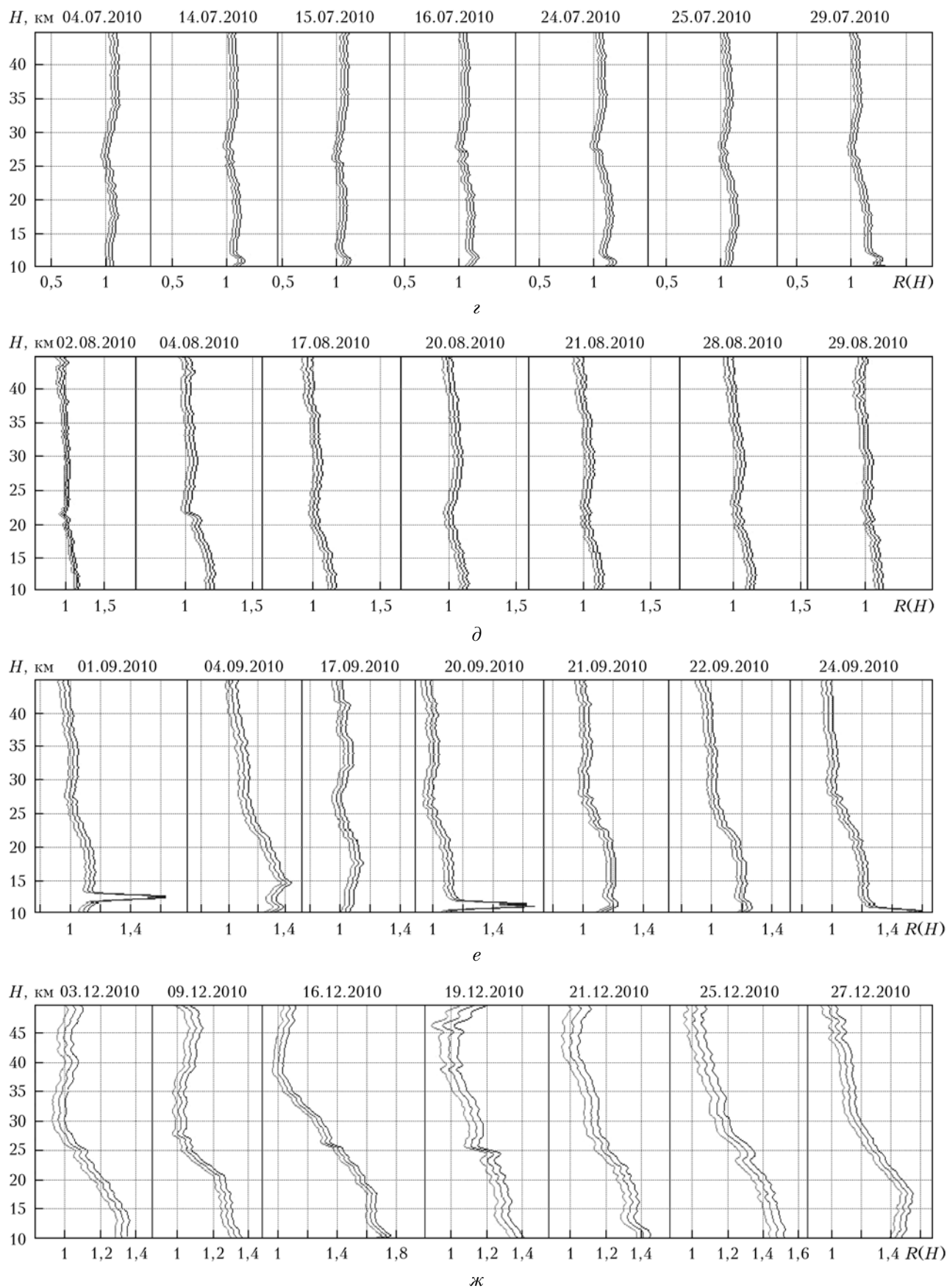


Рис. 1. Окончание

однако происходит некоторая трансформация в распределении с появлением незначительного по мощности протяженного слоя в области высот 25–40 км. С марта включительно по июль (рис. 1, *в, з*) характерен период стабильной ситуации с практически отсутствием аэрозоля в стратосфере. С августа (рис. 1, *д*) начинается аэрозольное наполнение стратосферы, которое возрастает в сентябре (рис. 1, *е*) с проникновением до высот 25 км. В декабре (рис. 1, *ж*) происходят дальнейший рост аэрозольной компоненты до значений  $R = 1,4 \div 1,6$  на высоте 10 км и расширение высотного интервала заполнения до уровня 40 км.

Закономерность сезонной изменчивости аэрозольного наполнения нижней атмосферы над Томском

в 2010 г. на примере отдельных профилей поясняется рис. 2.

Так, максимальное наполнение отмечалось в январе с протяженностью по высоте до 30 км, весной и летом аэрозоль в стратосфере практически отсутствует, с августа начинается фаза аэрозольного заполнения с максимальным содержанием в декабре и протяженностью до 35 км.

В 2011 г. для зимнего периода вертикальная стратификация аэрозоля напоминала ситуацию с 2010 г. Однако в 2011 г. аэрозоль в стратосфере наблюдался в марте и апреле и исчез лишь в мае (рис. 3).

Причем наполнение в марте распространялось до высот 40 км и по интенсивности превосходило февральское, а наполнение за апрель было сравнимо с последним.

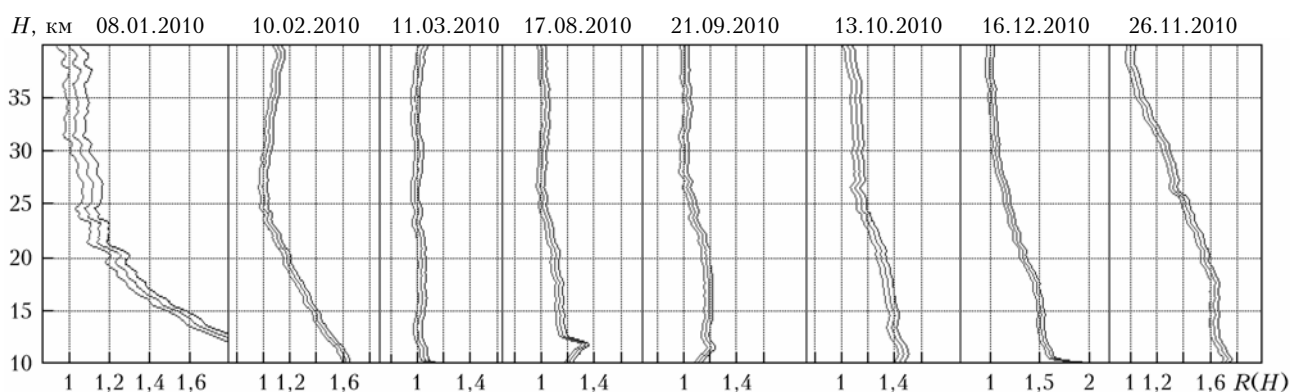


Рис. 2. Сезонная изменчивость вертикальной структуры аэрозоля в стратосфере за 2010 г.

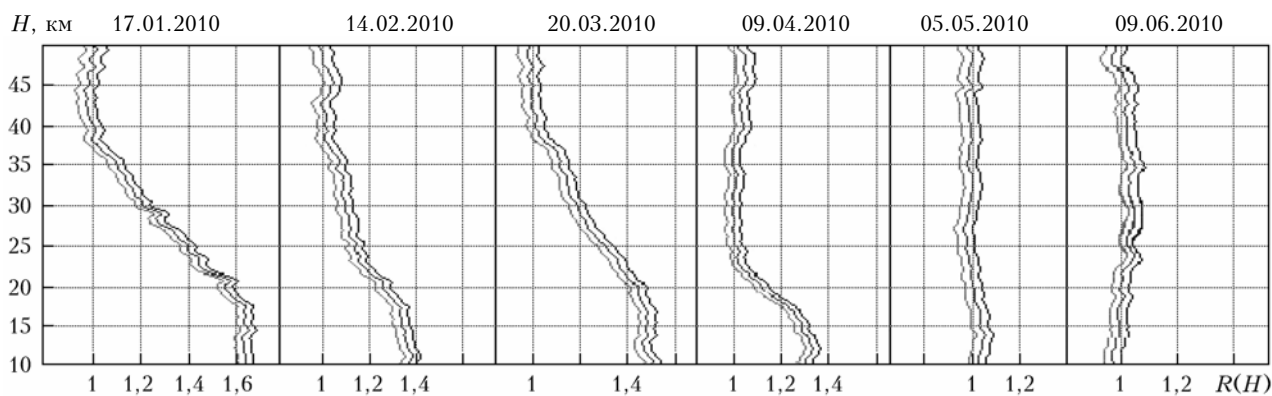


Рис. 3. Типичное наполнение аэрозолем стратосферы в первое полугодие 2011 г.

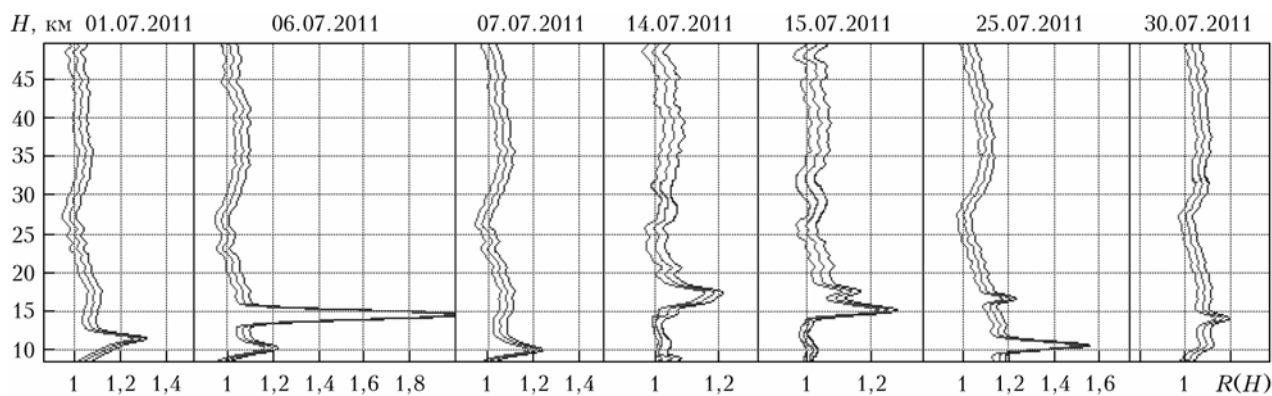


Рис. 4. Вертикальная структура аэрозоля в июле 2011 г.

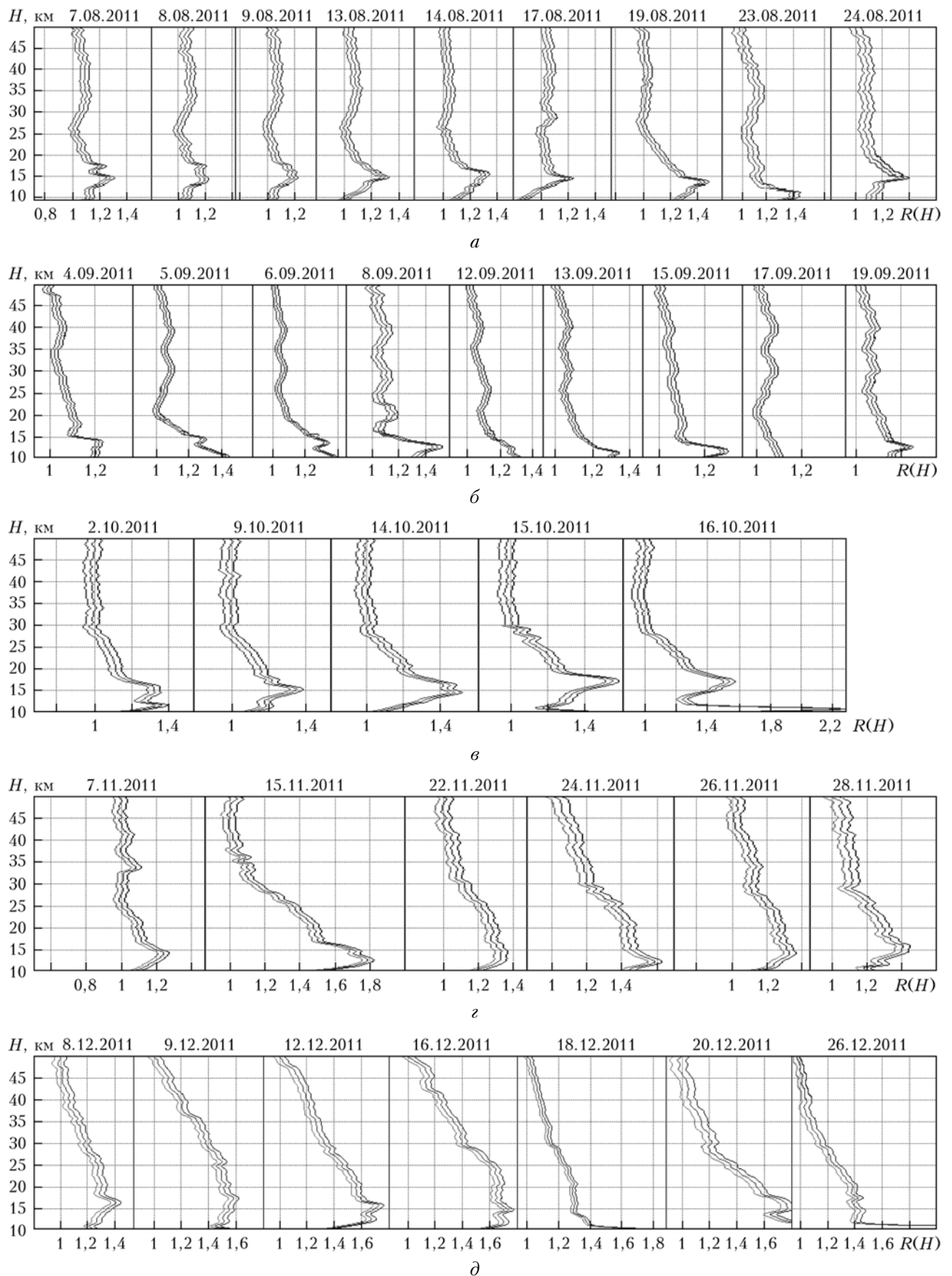


Рис. 5. Динамика вертикальной структуры аэрозоля в период август–декабрь 2011 г.

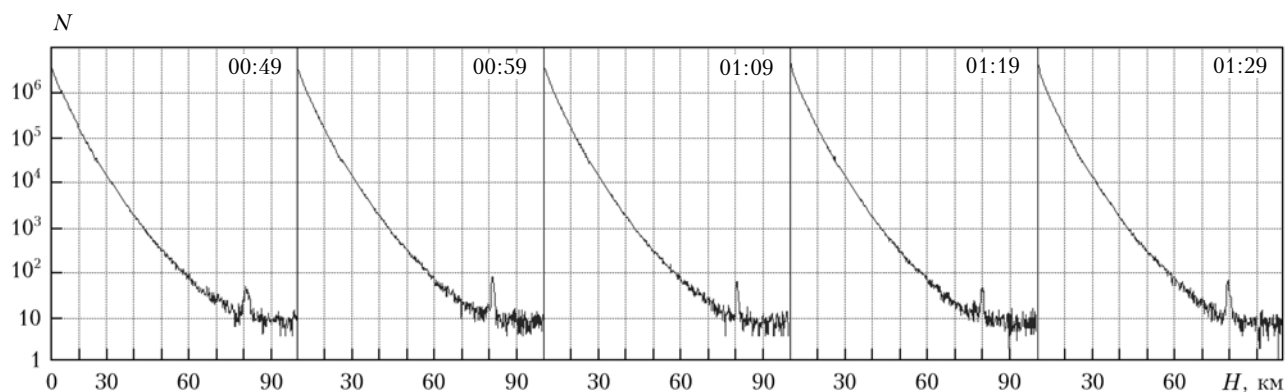


Рис. 6. Лидарные наблюдения серебристых облаков над Томском. По оси абсцисс высота, по оси ординат – лидарный сигнал в количестве одноэлектронных импульсов. На каждом графике приведено местное время наблюдений

Следует отметить, что, как и в 2010 г., стратосфера не была подвержена вулканической активности. Исключением были наблюдения в июле, когда на высоте 15 км (6 июля), а также выше на 17 (14 июля), на 15 и 17 (15 июля), на 16 (25 июля) и на 14 км (30 июля) были обнаружены аэрозольные слои (см. рис. 4).

Особенно четко выделялся этот слой 6 июля с отношением аэрозольного рассеяния  $R = 2$ , тогда как для других отмеченных случаев  $R = 1,2 \div 1,3$ . Появление данных аэрозольных слоев может быть связано с извержением влк. Гримсвотн в Южной Исландии и, возможно, Пуйеуэ в Чили, начавшихся 21 мая и 5 июня 2011 г. соответственно.

Поведение вертикального распределения аэрозоля, наблюдаемого за период август–декабрь 2011 г., приведено на рис. 5.

В первой половине августа (рис. 5, а) отмечалось аэрозольное наполнение в нижней части стратосферы до высот 25 км. Максимум отношения рассеяния мог превышать 1,2 и находился на уровне около 15 км. Небольшие следы аэрозоля были заметны в интервале высот 25–40 км. Во второй половине месяца происходило некоторое изменение в распределении аэрозольной компоненты. Так, с 17 по 23 августа высота максима снизилась до 11 км, а его величина возросла до  $R \geq 1,4$ , к концу месяца высота максимума вышла на прежний уровень 15 км.

Результаты наблюдений за аэрозольной компонентой в стратосфере за октябрь представлены на рис. 5, б. Как и в августе, регистрируется заметное присутствие аэрозольной компоненты в нижней половине стратосферы с определенной временной динамикой. Интервал высот вертикального распространения аэрозоля может несколько расширяться, основное содержание смещается вниз. Почти в половине случаев наблюдается двух- или трехслойная структура.

На рис. 5, в показаны данные лидарных измерений аэрозоля в октябре 2011 г. Видно, что в целом продолжается возрастание аэрозольного наполнения стратосферы. Четко отмечается интервал распространения аэрозоля в стратосфере до высоты 30 км; выше аэрозоль практически отсутствует. Отмечает-

ся устойчивая тенденция роста отношения рассеяния до значения  $R = 1,6$  и высотного смещения его максимума с 15 до 17,5 км.

Для ноября 2011 г. (рис. 5, г) характерна сильная динамика аэрозольной стратификации нижней стратосферы. Так, если 7 ноября отмечается слабое аэрозольное наполнение в интервале высот 10–25 км, то 15 ноября происходит его резкое возрастание как по величине до  $R = 1,8$  на высоте 12,5 км, так и по протяженности до 35 км. Интервал распространения аэрозольной компоненты 20 ноября сохраняется и даже увеличивается до высот около 40 км, а интегральное содержание аэрозоля несколько уменьшается.

В декабре аэрозольная компонента заполняет практически всю стратосферу и интегральное содержание аэрозоля в ней заметно возрастает (рис. 5, д). Несколько меньшее содержание аэрозоля отмечается на графиках за 18 и 26 декабря, но оно компенсируется мощным слоем на высоте около 10 км. Если сравнивать аэрозольное наполнение стратосферы за ноябрь–декабрь 2010 и 2011 гг., то налицо существенное увеличение содержания аэрозоля в 2011 г.

В заключение как интересное событие приводим наблюдения серебристых облаков (рис. 6). Это был единственный случай их появления над Томском в 2011 г., который наблюдался в ночь на 4 июля.

Из рис. 6, на котором показаны лидарные сигналы с сериями накоплений по 10 мин, видно, что серебристые облака устойчиво локализуются на высоте 80 км, а их толщина изменяется от 2 до 3 км. Ранее (в 2008 г.) серебристые облака в лидарных наблюдениях регистрировались над Томском постоянно с июня по сентябрь. Они имели два максимума аэрозольного рассеяния, расположенных на высоте около 78 и 88 км.

## Заключение

По результатам лидарных измерений выявлена некоторая отличительная особенность вертикального наполнения аэрозолем нижней и средней страто-

сферы для 2011 г. Для предыдущих лет, включая 2010 г., характерной являлась ситуация с максимальным аэрозольным наполнением стратосферы в январе, убыванием в феврале, отсутствием за период март–июль и началом роста наполнения с августа до максимального значения в январе. В 2011 г. аэрозольное наполнение в целом было более интенсивным и продолжительным. Аэрозоль в январе, феврале, а также в марте распространялся до рекордных высот 40 км. Отсутствие аэрозоля в стратосфере наблюдалось лишь в течение 3 мес (май–июль). В декабре распространение аэрозоля достигло рекордной высоты 45 км.

Механизм аэрозольного наполнения стратосферы, включая особенности его сезонной изменчивости, в интересах изучения которых и проводятся лидарные исследования, до конца не ясен. Доставка аэрозоля в этот атмосферный слой может осуществляться за счет тропосферно-стратосферного обмена снизу либо за счет горизонтального меридианного переноса от экватора или метеорной пыли сверху. Вопрос определения влияния и вклада указанных процессов требует дальнейшего изучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 106, Минобрнауки РФ: ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (ГК № 16.518.11.7048, 14.518.11.7053), а также РФФИ (грант № 10-05-00907).

1. Кондратьев К.Я. Аэрозоль как климатообразующий компонент атмосферы. 2. Прямое и косвенное воздействие на климат // *Оптика атмосф. и океана*. 2002. Т. 15, № 4. С. 301–320.
2. Кондратьев К.Я. Радиационное возмущающее воздействие, обусловленное аэрозолями // *Оптика атмосф. и океана*. 2003. Т. 16, № 1. С. 5–18.
3. Кондратьев К.Я. От нано- до глобальных масштабов: свойства, процессы образования и последствия взаимодействия атмосферного аэрозоля. Взаимодействие аэрозоля и облаков // *Оптика атмосф. и океана*. 2004. Т. 17, № 10. С. 808–820.
4. Самойлова С.В., Балин Ю.А., Коханенко Г.П., Пеннер И.Э. Исследование вертикального распределения тропосферных аэрозольных слоев по данным многочастотного лазерного зондирования. Ч. 3. Спектральные особенности вертикального распределения оптических характеристик аэрозоля // *Оптика атмосф. и океана*. 2011. Т. 24, № 3. С. 216–223.
5. Балин Ю.С., Кауль Б.В., Коханенко Г.П. Наблюдения зеркально отражающих частиц и слоев в кристаллических облаках // *Оптика атмосф. и океана*. 2011. Т. 24, № 4. С. 293–299.
6. Крученицкий Г.М., Маричев В.Н. Влияние глобальных геофизических процессов на изменчивость вертикального распределения озона, температуры и аэрозоля над Западной Сибирью // *Оптика атмосф. и океана*. 2008. Т. 21, № 4. С. 294–298.
7. Маричев В.Н., Богданов В.В., Живетьев И.В., Шевцов Б.М. Влияние геомагнитных возмущений на образование аэрозольных слоев в стратосфере // *Геомагнет. и аэроном*. 2004. № 6. С. 1–8.

8. Зуев В.В., Бурлаков В.Д., Долгий С.И., Невзоров А.В. Аномальное аэрозольное рассеяние в атмосфере над Томском в осенне-зимний период 2006/07 г. // *Оптика атмосф. и океана*. 2007. Т. 20, № 6. С. 524–530.
9. Бурлаков В.Д., Долгий С.И., Зуев В.В., Макиев А.П., Макиенко Э.В., Невзоров А.В. Измерения микроструктурных характеристик фонового и вулканогенного стратосферного аэрозоля на основе многочастотного лазерного зондирования в Томске (56,5° с.ш., 85,0° в.д.) // *Оптика атмосф. и океана*. 2010. Т. 23, № 2. С. 126–130.
10. Черемисин А.А., Кушнаренок А.В., Маричев В.Н., Николашкин С.В. Метеоперенос и полярные стратосферные облака над г. Якутском зимой 2004–2005 гг. // *Метеорол. и гидрол.* 2007. № 3. С. 43–53.
11. Бычков В.В., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Маричев В.Н., Новиков П.В., Черемисин А.А. Учет импульсов последствия ФЭУ в лидарных сигналах средней атмосферы Камчатки // *Оптика атмосф. и океана*. 2011. Т. 24, № 2. С. 107–113.
12. Бычков В.В., Пережогин А.С., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Маричев В.Н., Матвиенко Г.Г., Белов А.С., Черемисин А.А. Лидарные наблюдения появления аэрозолей в средней атмосфере Камчатки в 2007–2011 гг. // *Оптика атмосф. и океана*. 2012. Т. 25, № 1. С. 87–93.
13. Bluth G.J.S., Doiron S.D., Schetzler C.C., Krueger A.J., Walter L.S. Global tracking of the SO<sub>2</sub> clouds from the June, 1991 Mount Pinatubo eruptions // *Geophys. Res. Lett.* 1992. V. 19, N 2. P. 151–154.
14. Бурлаков В.Д., Ельников А.В., Зуев В.В., Маричев В.Н., Правдин В.Л., Смирнов С.В., Столярова Н.А. Результаты лидарных наблюдений аэрозоля и озона стратосферы после извержения вулкана Пинатубо (г. Томск, 56° с.ш., 85° в.д.) // *Оптика атмосф. и океана*. 1993. Т. 6, № 10. С. 1224–1233.
15. Маричев В.Н., Самохвалов И.В. Лидарные наблюдения аэрозольных вулканических слоев в стратосфере Западной Сибири в 2008–2010 гг. // *Оптика атмосф. и океана*. 2011. Т. 24, № 3. С. 224–231.
16. Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В. Лидарные наблюдения за содержанием вулканического аэрозоля в атмосфере над Томском // *Метеорол. и гидрол.* 2011. № 9. С. 46–56.
17. Бурлаков В.Д., Долгий С.И., Невзоров А.В., Самохвалов И.В., Насонов С.В., Животенюк И.В., Ельников А.В., Назаров Е.В., Плюснин И.И., Шиханцев А.М. Следы извержения вулкана Эйяфьятлайокудль по данным лидарных наблюдений // *Оптика атмосф. и океана*. 2011. Т. 24, № 10. С. 872–879.
18. Бурлаков В.Д., Долгий С.И., Невзоров А.В. Лидарные наблюдения аэрозольных возмущений стратосферы над Томском (56,5° с.ш., 85,0° в.д.) в период вулканической активности // *Оптика атмосф. и океана*. 2011. Т. 24, № 12. С. 1031–1040.
19. Зуев В.В., Зуев В.Е., Бурлаков В.Д., Долгий С.И., Ельников А.В., Невзоров А.В., Правдин В.Л. Лидарные исследования характеристик фонового стратосферного аэрозоля над регионами Сибири // *Оптика атмосф. и океана*. 2003. Т. 16, № 2. С. 126–130.
20. Зуев В.В., Бурлаков В.Д., Ельников А.В., Невзоров А.В. Лидарные наблюдения стратосферного аэрозольного слоя средних широт в длительный вулканически спокойный период // *Оптика атмосф. и океана*. 2006. Т. 19, № 7. С. 598–603.
21. Зуев В.В., Баженов О.Е., Бурлаков В.Д., Невзоров А.В. Долговременные тренды, сезонные и аномальные кратковременные изменения фонового стратосферного аэ-



- розоля // Оптика атмосф. и океана. 2008. Т. 21, № 1. С. 42–47.
22. *Маричев В.Н.* Лидарные исследования проявления стратосферных потеплений над Томском в 2008–2010 гг. // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 5. С. 386–391.
23. *Маричев В.Н.* Исследование особенностей проявления зимних стратосферных потеплений над Томском по данным лидарных измерений температуры в 2010–2011 гг. // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 12. С. 1041–1046.
24. *Ельников А.В., Креков Г.М., Маричев В.Н.* Лидарные наблюдения стратосферного слоя аэрозоля над Западной Сибирью // Физ. атмосф. и океана. 1988. Т. 24, № 8. С. 818–823.

***V.N. Marichev. Investigation of variability of the background aerosol vertical structure above Tomsk based on lidar observations in 2010–2011.***

The paper analyzes experimental data on variations of vertical-temporal structure of aerosol, which were obtained using lidar complex of the small station of high-altitude atmospheric sensing (SSHAS) IAO SB RAS for the period 2010–2011. A characteristic feature of this period was almost no volcanic activity with emissions to the stratosphere. This made it possible to study the behavior of the vertical structure of the background aerosol in the stratosphere on a monthly basis for certain nights during two years. The analysis of the results revealed differences in the vertical stratification of aerosol between 2010 and 2011. For 2010, the aerosol loading was maximal in January up to heights of 30 km, it diminished starting from February until almost no decrease in March–August, and showed a steady growth since September. In 2011, the aerosol loading of the stratosphere was more intense and longer-term. For instance, the height of the extension of the aerosol component reached 40 km in January–March, and the aerosol was absent in the stratosphere within three months (May–July).