

УДК 551.501.816

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ НАПОЛНЕНИЯ СТРАТОСФЕРЫ
ФОНОВЫМ АЭРОЗОЛЕМ НАД ТОМСКОМ В 2016 Г. ПО ДАННЫМ
ЛИДАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

В. Н. Маричев, Д. А. Бочковский

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634055,
г. Томск, площадь Академика Зуева, 1

E-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru

В статье анализируются экспериментальные данные по изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за 2016г. В качестве первичной информации для анализа использовался массив данных из 84 суммарных сигналов, накопленных в отдельные ночи. Интервал зондируемых высот простирался от 10 до 50-60км, пространственное разрешение составляло 192м., время накопления суммарного сигнала - 2час. По результатам наблюдений, как и в предыдущие годы, зарегистрировано высокое содержание аэрозоля в нижней стратосфере в зимние месяцы года.

Ключевые слова: стратосфера, аэрозоль, лидар

© Маричев В. Н., Бочковский Д. А., 2017

MSC 78A10

**INVESTIGATION OF VARIABILITY OF STRATOSPHERE FILLING BY
BACKGROUND AEROSOL OVER TOMSK IN 2016 BY THE DATA OF LIDAR
OBSERVATIONS**

V. N. Marichev, D. A. Bochkovsky

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (IAO SB RAS), 634055, Tomsk, 1,
Academician Zuev square, Russia

E-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru

The article analyzes the experimental data on the variability of the vertical-temporal structure of the aerosol obtained at the lidar complex of the station for high-altitude sounding of the atmosphere of the IAO of the SB RAS for 2016. As the primary information for analysis, we used an array of data from 84 total signals accumulated on separate nights. The interval of sounded heights stretched from 10 to 50-60km, the spatial resolution was 192m., The accumulation time of the total signal was 2 hours. According to the results of observations, as in previous years, a high content of aerosol in the lower stratosphere was recorded in the winter months of the year.

Key words: stratosphere, aerosol, lidar.

© Marichev V. N., Bochkovsky D. A., 2017

Введение

В предыдущих работах [2]-[6] нами были представлены результаты лидарных наблюдений за изменением вертикальной структуры аэрозоля в различные месяцы периода 2010-2015 гг. Работа в данном направлении была продолжена и в 2016 г. Для всего указанного периода характерным являлось отсутствие мощных вулканических извержений, которые могли бы оказывать влияние на заметное возмущение аэрозольной компоненты стратосферы Северного полушария, включая регион Западной Сибири. Поэтому возникла удобная возможность проследить особенности временной изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем в Западной Сибири за достаточно длительный временной интервал. В качестве первичной информации для анализа за 2016 г. использовался массив данных из 81 суммарных сигналов, накопленных в отдельные ночи. Интервал зондируемых высот простирался от 10 до 50-60 км, пространственное разрешение составляло 192 м. Прием лидарных сигналов велся в режиме счета фотоимпульсов с накоплением по 12×10^4 запускам лазерных импульсов (время накопления - около двух часов за ночь). В качестве параметра, описывающего вертикальную стратификацию аэрозоля, представлена оптическая характеристика $R(H)$ – отношение аэрозольного рассеяния (H – текущая высота). По определению $R(H)$ – отношение суммы коэффициентов аэрозольного и молекулярного обратного рассеяния к молекулярному коэффициенту обратного рассеяния. Для примера, выполнение условий $R(H)=1$ означает отсутствие на данных высотах аэрозоля, и, наоборот, там, где $R(H)>1$, появляется аэрозоль.

Результаты наблюдений

Результаты измерений среднемесячной динамики вертикальной стратификации аэрозоля приведены на рис.1.

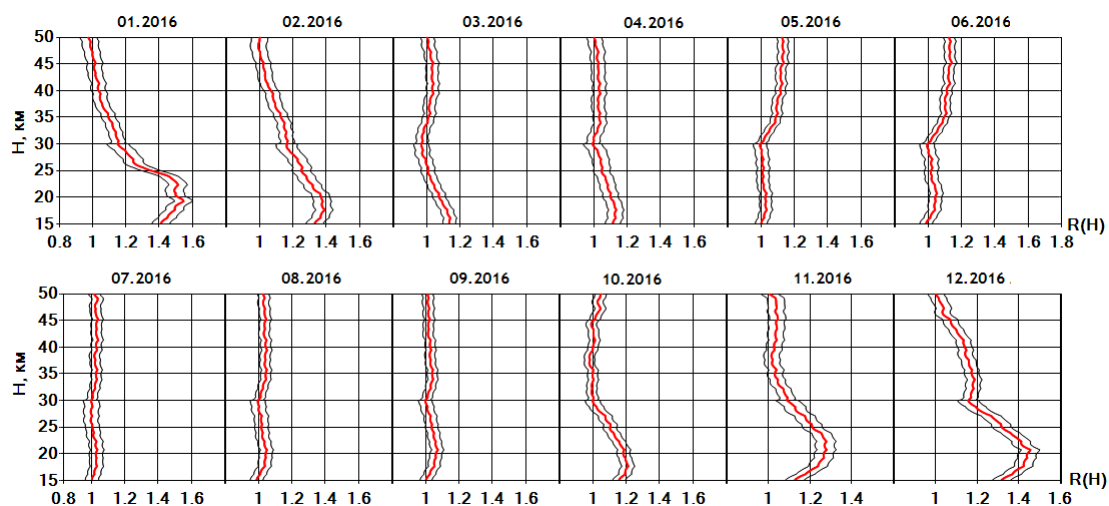


Рис. 1. Среднемесячные профили вертикальной стратификации аэрозоля в 2016г. Кривые красного цвета - усредненные профили, черного - коридор стандартного отклонения

Здесь в качестве рассчитываемого из лидарных измерений параметра приведено отношение аэрозольного рассеяния $R(H)$.

Из сравнительного анализа с нашими наблюдениями за прошлые годы [2]-[6], а также в работах [7], [8], [9], подтверждается тенденция максимального аэрозольного наполнения нижней стратосферы в январе с убыванием в весенний период и практическим отсутствием в мае-сентябре. С октября начинается постепенное возрастание содержания аэрозоля до его максимального значения в январе. Динамика внутремесячных вариаций аэрозольного наполнения стратосферы показана на рис. 2-рис.10.

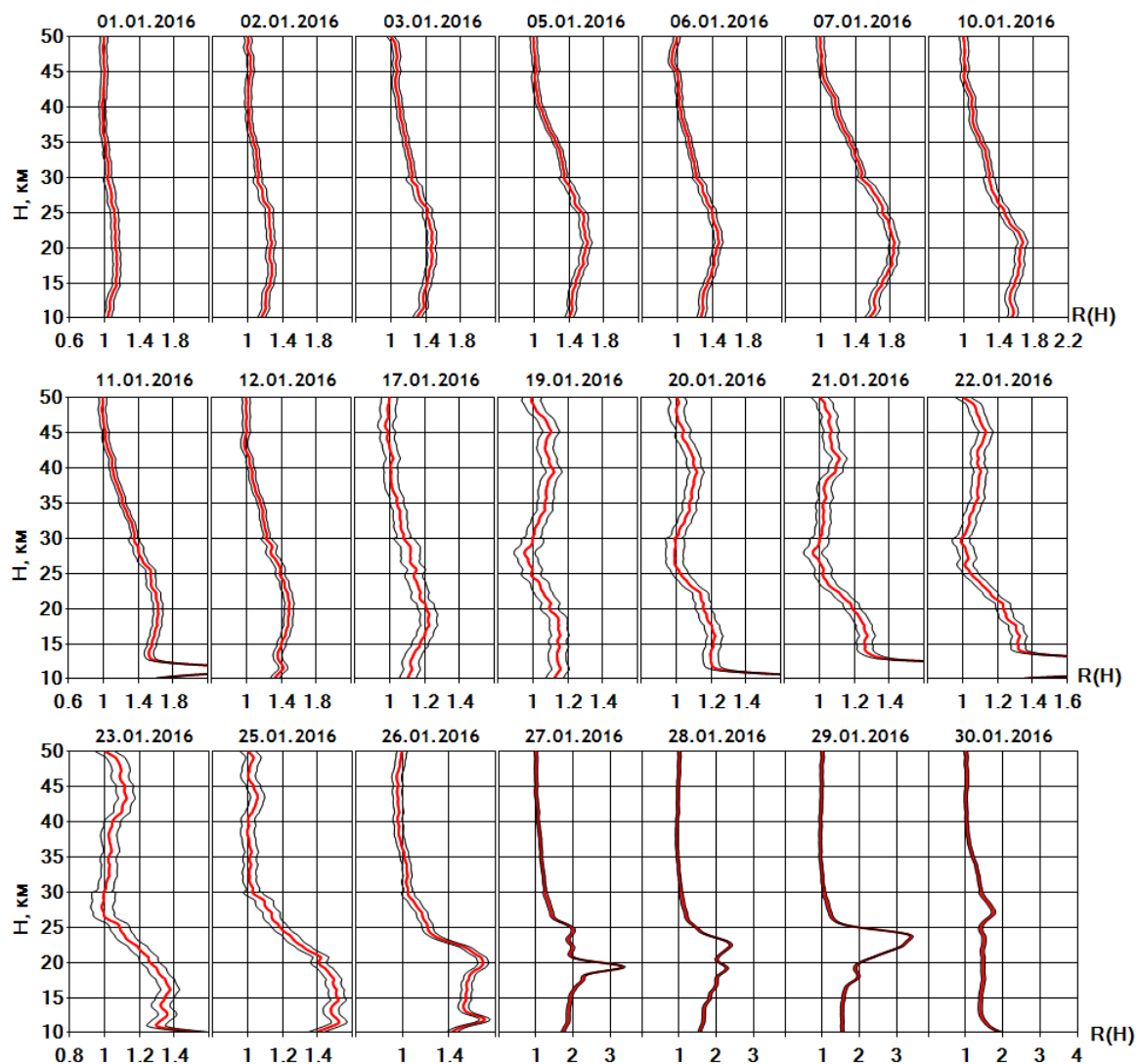


Рис. 2. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в январе 2016 г.

Так, для января в течении первой декады месяца (рис. 2) отмечается значительное аэрозольное наполнение нижней стратосферы в интервале высот 10-30 км со значениями отношения рассеяния до $R > 1.4$. Во второй декаде содержание аэрозоля несколько уменьшается, аэрозольный слой сокращается до высоты 25 км. А в третьей декаде происходит резкое возрастание аэрозольного наполнения нижней стратосферы с максимальными значениями $R=2-3$ на высотах 20-25 км. Обнаруженные пики аэрозольного рассеяния вероятнее всего могут быть обусловлены появлением полярных стратосферных облаков.

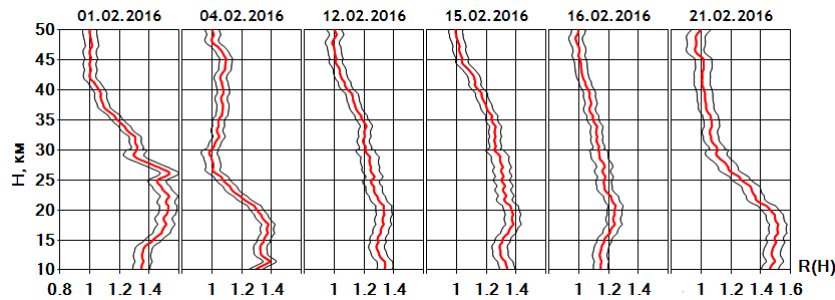


Рис. 3. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в феврале 2015г.

Динамичная картина стратификации аэрозоля наблюдается в феврале с отличием в сторону некоторого уменьшения содержания аэрозоля в нижней стратосфере и варьированием протяженности аэрозольного слоя до высот 25 -30 км (4 и 21 февраля) и до 40 км (1, 12 и 15 февраля) (рис.3). В марте (рис.4) в начальных числах месяца аэрозольная компонента проявляется в виде однослойной структуры в нижней стратосфере (слой 10-25) с максимумами $R=1.2$ на высотах 15 км. В последующих наблюдениях интенсивность наполнения плавно убывает и в конце месяца выходит на уровень многолетних наблюдений.

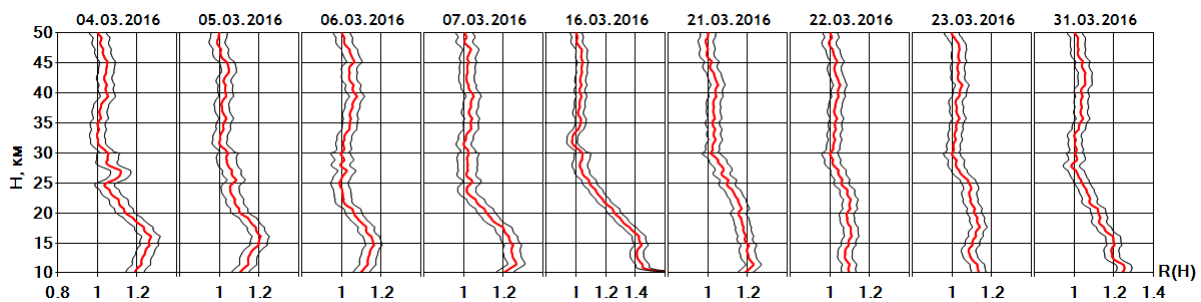


Рис. 4. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в марте 2016 г.

В апреле достаточно высокое содержание аэрозоля отмечается 6 и 23 числа дат наблюдений в слое 10 -30 км. (рис.5), хотя в начале и конце месяца его содержание было незначительным.

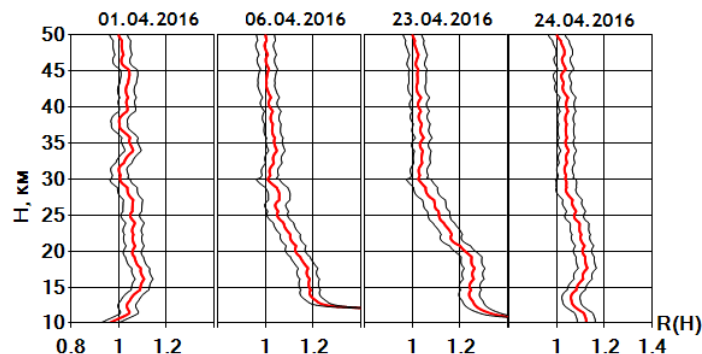


Рис. 5. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в апреле 2016 г.

В период май-сентябрь, как и в предыдущие годы наблюдений, наполнение стратосферы аэрозолем сводится к минимуму (рис. 6-рис. 9).

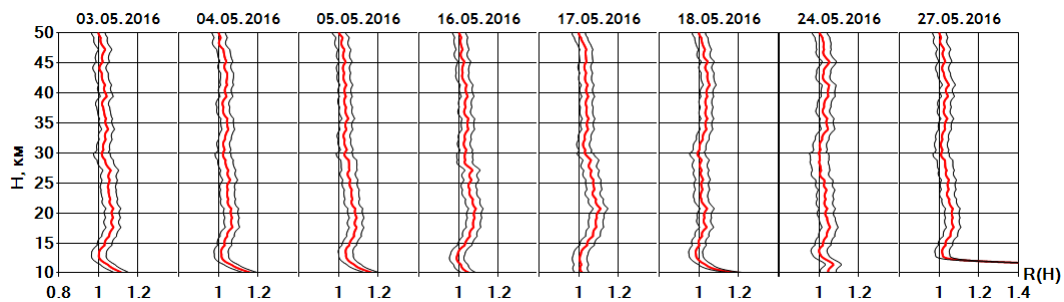


Рис. 6. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в мае 2015 г.

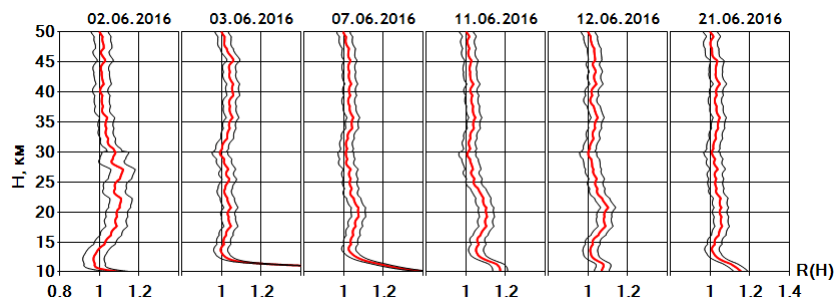


Рис. 7. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в июне 2016 г.

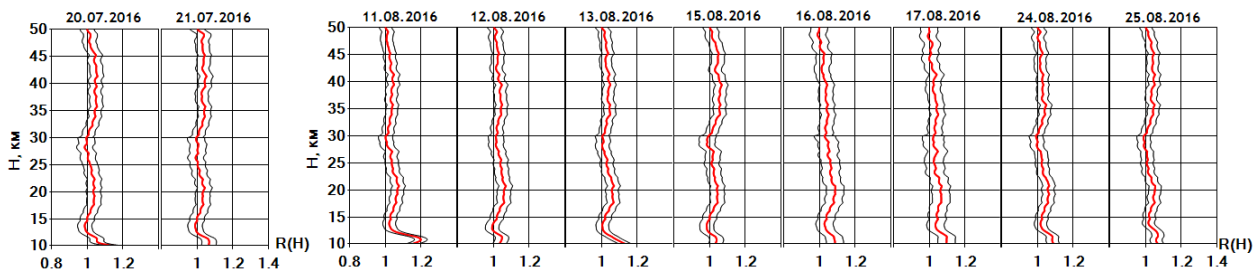


Рис. 8. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в июле и августе 2016 г.

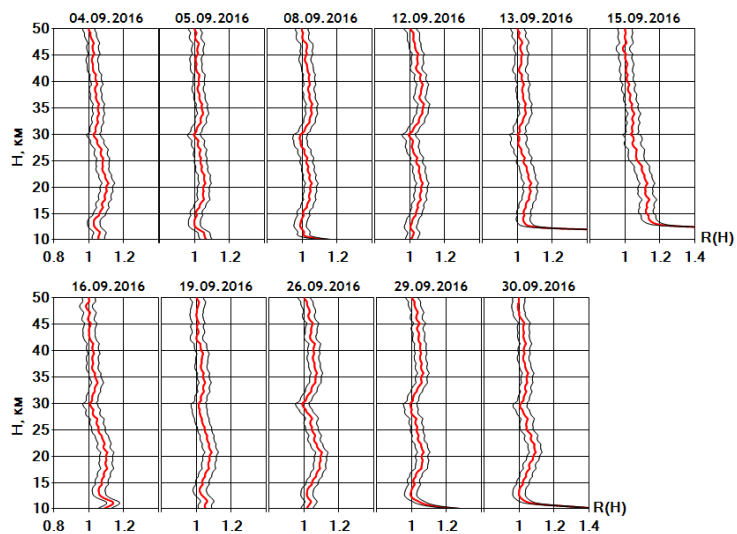


Рис. 9. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в сентябре в 2016 г.

Результаты наблюдений динамики аэрозольного заполнения стратосферы за октябрь - декабрь приведены на рис. 10. К сожалению, из-за облачности наблюдения в октябре и ноябре представлены единичными измерениями. Так, аэрозольное наполнения нижней стратосферы отмечается для октября, примерно на том же уровне находится в ноябре. Наконец, в декабре оно заметно возрастает до $R=1.4$ на высоте 20 км (03.12.2016).

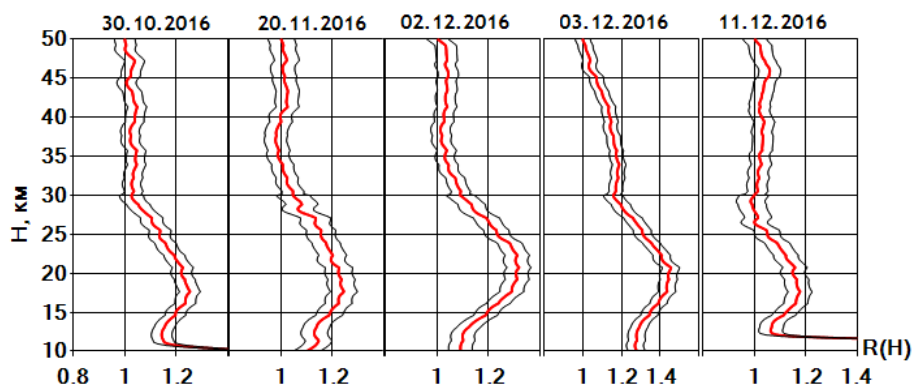


Рис. 10. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в октябре, ноябре и декабре в 2016 г.

Заключение

Таким образом, по результатам анализа среднемесячного содержания аэрозоля в стратосфере за 2016 г. установлено, что его максимальное значение отмечается в январе и с некоторым спадом наблюдается в феврале и декабре. В период май - сентябрь аэрозольная компонента практически отсутствует. Полученные выводы согласуются с результатами полученных ранее многолетних наблюдений. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ НШ4714.2014.5 и гранта РФФИ № 16-05-00901

Список литературы

- [1] Маричев В. Н., *Исследование изменчивости вертикальной структуры фонового аэрозоля в стратосфере над Томском на основе лидарных наблюдений в 2010-2011 гг.*, **25**, Оптика атмосферы и океана, Томск, 2012. [Marichev V. N., *Issledovanie izmenchivosti vertikal'noy struktury fonovogo aerolya v stratosfere nad Tomskom na osnove lidarnykh nablyudeniuy v 2010-2011 gg.*, **25**, Optika atmosfery i okeana, Tomsk, 2012].
- [2] Маричев В. Н., "Лидарные исследования изменчивости аэрозольного наполнения стратосферы над Томском для фоновых условий", *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы*, Сборник докладов, 19-ый международный симпозиум (Алтай, г. Барнаул, база отдыха «Золотое озеро»), Барнаул, 2013, D51 – D56. [Marichev V. N., "Lidarnye issledovaniya izmenchivosti aeroly'nogo napolneniya stratosfery nad Tomskom dlya fonovykh usloviy", *Optika atmosfery i okeana. Fizika atmosfery*, Sbornik dokladov, 19-yy mezhduнародnyy simpozium (Altay, g. Barnaul, baza otdykha «Zolotoe ozero»), Barnaul, 2013, D51 – D56].
- [3] Маричев В. Н., "Лидарные исследования годовой изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозодем над томском в период 2011-13 гг.", *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы*, Сборник докладов, 20-ый международный симпозиум (г. Новосибирск, курорт-отель «Сосновка»), Новосибирск, 2014, D62-D66. [Marichev V. N.,

- “Lidarnye issledovaniya godovoy izmenchivosti napolneniya stratosfery fonovym aerozolem nad tomskom v period 2011-13 gg.”, *Optika atmosfery i okeana. Fizika atmosfery*, Sbornik dokladov, 20-yy mezhdunarodnyy simpozium (g. Novosibirsk, kurort-otel' «Sosnovka»), Novosibirsk, 2014, D62-D66].
- [4] Маричев В. Н., Бочковский Д. А., “Исследование изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем в 2014 г.”, *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы*, 21-ый международный симпозиум (Сборник докладов), 2015, D41-D45. [Marichev V. N., Bochkovskiy D. A., “Issledovanie izmenchivosti napolneniya stratosfery fonovym aerozolem v 2014 g.”, *Optika atmosfery i okeana. Fizika atmosfery*, 21-yy mezhdunarodnyy simpozium (Sbornik dokladov), 2015, D41-D45].
- [5] Marichev V. N. Bochkovskii D. A., *Proceedings of SPIE*, **9680** (2015), 9680-209.
- [6] Marichev V. N., Bochkovskii D. A., “Investigation of variability of the vertical stratification of background aerosol over Tomsk in 2015”, *Proceedings of SPIE*, **10035** (2016), 100356C-1 - 100356C-5.
- [7] 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., Шиханцов А. М., “Следы извержения вулкана Эйяфьятлайокудль по данным лидарных наблюдений в Томске и Сургуте.”, *Оптика атмосферы и океана*, **24**:10 (2011), 872-879. [Burlakov V. D., Dolgiy S. I., Nevzorov A. V., Samokhvalov I. V., Nasonov S. V., Zhivotenyuk I. V., El'nikov A. V., Nazarov E. V., Plyusnin I. I., Shikhantsov A. M., “Sledy izverzheniya vulkana Eyaf'yatlayokudl' po dannym lidarnykh nablyudeniy v Tomske i Surgute.”, *Optika atmosfery i okeana*, **24**:10 (2011), 872-879].
- [8] 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 2006-2010 гг.”, *Оптика атмосферы и океана*, **24**:12 (2011), 1031-1040. [Burlakov V. D., Dolgiy S. I., Nevzorov A. V., “Lidarnye nablyudeniya aerazol'nykh vozmushcheniy stratosfery nad Tomskom (56,5°s.sh.; 85,0°v.d.) v period vulkanicheskoy aktivnosti 2006-2010 gg.”, *Optika atmosfery i okeana*, **24**:12 (2011), 1031-1040].
- [9] Долгий С. И., Бурлаков В. Д., Макеев А. П., Невзоров А. В., Шмирко К. А., Павлов А. Н., Столярчук С. Ю., Букин О. А., Чайковский А. П., Осипенко Ф. П., Трифонов Д. А., “Возмущения стратосферы после извержения вулкана Гримсвотн (Исландия, май 2011 г.) по данным наблюдений станций лидарной сети стран СНГ CIS-LiNet в Минске, Томске и Владивостоке.”, *Оптика атмосферы и океана*, **26**:07 (2013), 547-552. [Dolgiy S. I., Burlakov V. D., Makeev A. P., Nevzorov A. V., Shmirko K. A., Pavlov A. N., Stolyarchuk S. Yu., Bukin O. A., Chaykovskiy A. P., Osipenko F. P., Trifonov D. A., “Vozmushcheniya stratosfery posle izverzheniya vulkana Grimsvotn (Islandiya, may 2011 g.) po dannym nablyudeniy stantsiy lidarnoy seti stran SNG CIS-LiNet v Minske, Tomske i Vladivostoke.”, *Optika atmosfery i okeana*, **26**:07 (2013), 547-552].

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Маричев В. Н. Исследование изменчивости вертикальной структуры фонового аэрозоля в стратосфере над Томском на основе лидарных наблюдений в 2010-2011 гг. // *Оптика атмосферы и океана*. 2012. Т. 25. № 11. С. 976–984
- [2] Маричев В. Н. Лидарные исследования изменчивости аэрозольного наполнения стратосферы над Томском для фоновых условий // *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы*. 19-ый международный симпозиум. Алтай, г. Барнаул, база отдыха «Золотое озеро». Сборник докладов. 2013. С. D51 – D56
- [3] Маричев В. Н. Лидарные исследования годовой изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над томском в период 2011-13 гг. // *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы*. 20-ый международный симпозиум. Сборник докладов. г. Новосибирск, курорт-отель «Сосновка». 2014. С. D62-D66
- [4] Маричев В. Н., Бочковский Д. А. “Исследование изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем в 2014 г. // *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы*. 21-ый международный симпозиум. Сборник докладов. 2015. D41-D45.”.

- [4] Marichev V. N., Bochkovskii D. A. Studying the variations in background aerosol loading of the stratosphere in 2014 // Proceedings of SPIE. 2015. vol. 9680. pp. 9680-209
- [5] Marichev V. N., Bochkovskii D. A. Investigation of variability of the vertical stratification of background aerosol over Tomsk in 2015 // Proceedings of SPIE. 2016. vol. 10035. pp. 100356C-1-100356C-5
- [6] 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., Шиханцов А. М. Следы извержения вулкана Эйяфьятлайокудль по данным лидарных наблюдений в Томске и Сургуте // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. № 10. С. 872–879
- [7] 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 2006-2010 гг // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. № 12. С. 1031–1040
- [8] Долгий С. И., Бурлаков В. Д., Макеев А. П., Невзоров А. В., Шмирко К. А., Павлов А. Н., Столярчук С. Ю., Букин О. А., Чайковский А. П., Осипенко Ф. П., Трифонов Д. А. Возмущения стратосферы после извержения вулкана Гримсвоثن (Исландия, май 2011 г.) по данным наблюдений станций лидарной сети стран СНГ CIS-LiNet в Минске, Томске и Владивостоке // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. № 7. С. 547–552

Для цитирования: Маричев В. Н., Бочковский Д. А. Исследование изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над Томском в 2016 г. по данным лидарных наблюдений // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2017. № 4(20). С. 43-50. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-43-50

For citation: Marichev V. N., Bochkovsky D. A. Investigation of variability of stratosphere filling by background aerosol over tomsk in 2016 by the data of lidar observations, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2017, **20**: 4, 43-50. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-43-50

Поступила в редакцию / Original article submitted: 28.11.2017