

Идентификация полярных стратосферных облаков над Томском по данным лидарных наблюдений

ЧЕРЕМИСИН А. А.^{1,3}, МАРИЧЕВ В. Н.², НОВИКОВ П. В.³, БАРАШКОВ Т. О.³,
БОЧКОВСКИЙ Д. А.²

¹ Сибирский федеральный университет г. Красноярск, Россия

² Институт оптики атмосферы им. В.Е.Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

³ Красноярский институт железнодорожного транспорта г. Красноярск, Россия
email: marichev@iao.ru aacheremisin@gmail.com, novikov-pv@yandex.ru

Аннотация. В январе 2010 и 26-28 января 2016 года над Томском в стратосфере были зарегистрированы пики аэрозольного рассеяния. На основе расчетов обратных траекторий воздушных масс и анализа температурных данных вдоль этих траекторий сделано предположение, что наблюдавшийся аэрозоль представлял собой полярные стратосферные облака.

Ключевые слова: лидарные наблюдения, обратные траектории, полярные стратосферные облака

Полярные стратосферные облака (ПСО), регулярно наблюдаемые в Северной Европе, на территории России наблюдаются достаточно редко [1,2,3]. Кроме того, количество лидарных станций на территории России не слишком велико. Одна из таких станций, малая лидарная станция высотного зондирования атмосферы [4] действует в настоящее время в Томске в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН. Имеется три канала приема оптического излучения: стратосферный и тропосферный на длине волны $\lambda=532$ нм и СКР-канал (рамановский) на $\lambda=607$ нм. Лидарные наблюдения проводятся по методике, описанной в [5]. Для анализа аэрозольной составляющей атмосферы используется отношение $R(H)$ полного обратного рассеяния к молекулярному, $R(H) > 1$ при наличии аэрозоля на некоторой высоте H , при отсутствии $R(H) \approx 1$ с точностью до погрешности измерений.

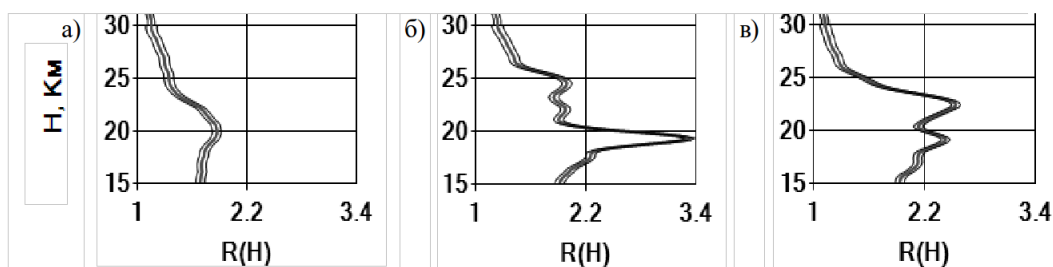


Рис. 1. Профили отношения обратного рассеяния, полученные в результате лидарных наблюдений в Томске: а) 26 января, б) 27 января, в) 28 января 2016 года.

По результатам лидарных наблюдений, выполненных в Томске в январе 2010г, в стратосфере на высотах от 14 до 22 км, было обнаружено явно выраженное аэрозольное

рассеяние. Расчеты переноса воздушных масс показали, что обратные траектории, прошедшие над Томском на высотах наблюдения пиков рассеяния, имели участки с переохлаждением стратосферы до температур образования полярных стратосферных облаков. В различные дни переохлаждение происходило над районом Скандинавии, а также над Северным Уралом и Новой Землей. Таким образом, над Томском в январе 2010 года наблюдались ПСО, образовавшиеся над указанными выше районами северного полушария.

Лидарные наблюдения стратосферы над Томском в январе 2016 года выявили значительное аэрозольное наполнение на высотах на высотах 15-25 км (рис. 1). Мы предположили, что 26-28 января 2016 года в процессе лидарных наблюдений над Томском были

зарегистрированы полярные стратосферные облака. Случаи появления ПСО над Томском были зарегистрированы ранее [3].

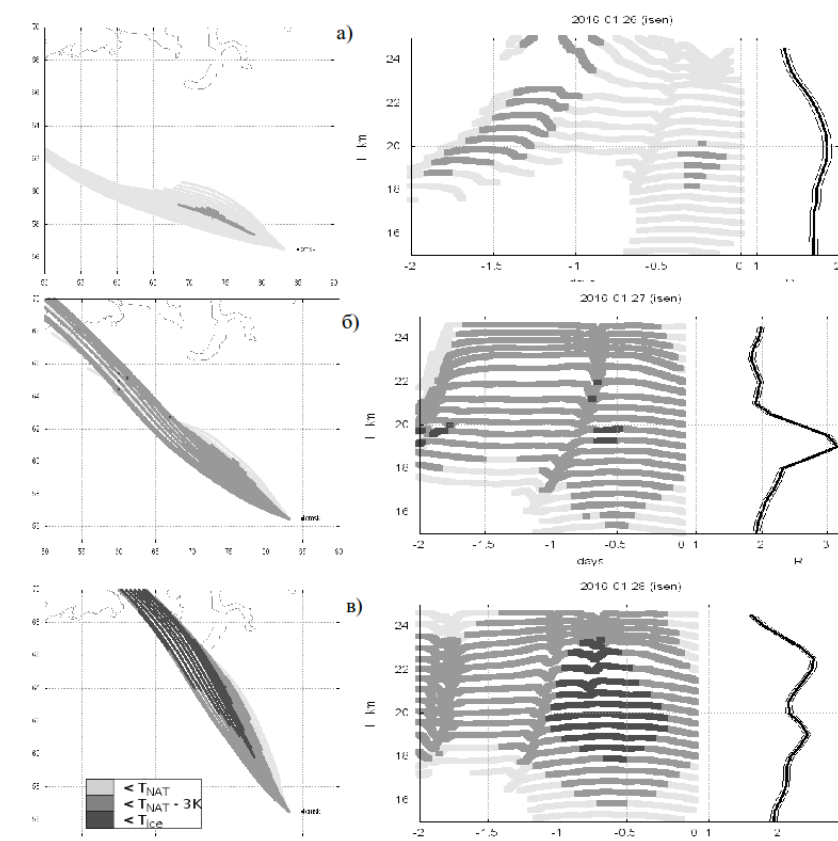


Рис. 2. Обратные траектории, пришедшие к Томску в дни лидарных наблюдений: а) 26 января, б) 27 января, в) 28 января 2016 года.

Известно, что образование различных типов ПСО может происходить при понижении температуры стратосферы на 3-4 градуса ниже температуры конденсации тригидрата азотной кислоты $T_{NAT}(H)$, а также ниже температуры замерзания воды $T_{ice}(H)$. [8]. По различным данным аэрозольные частицы ПСО могут существовать некоторое время при $T > T_{NAT}$ [9].

Для подтверждения предположения о прохождении ПСО над Томском в январе 2016 года в работе был использован метод обратных траекторий. Расчеты проводились на основе разработанного нами программного пакета [2, 10], с использованием ежедневных ассимилированных данных UK MetOffice [11].

На рисунке 2 показаны рассчитанные траектории воздушных масс в сравнении с профилем отношения обратного рассеяния. Градациями серого цвета показаны только те участки траекторий, где температура опускалась ниже температуры T_{NAT} . Светло-серый цвет: $T \leq T_{NAT}$, серый цвет: $T \leq T_{NAT} - 3K$, темно-серый цвет: $T \leq T_{ice}$. Слева приведены карты траекторий, прошедших над Томском в момент наблюдений. По центру приведена высотно-временная развертка этих же траекторий в тех же цветовых градациях. По оси абсцисс отложено количество суток до момента прохождения воздушных масс над Томском. Справа приведены те же профили аэрозольного наполнения стратосферы, что и на рис. 1.

Согласно результатам, представленным на рис. 2, можно сделать вывод о том, что наблюдается соответствие между аэрозольным наполнением стратосферы над Томском и понижением температуры в течение 0,5 суток перед регистрацией аэрозольных слоев над Томском. Поскольку при указанном охлаждении воздушных масс температура опускалась

ниже порогов образования ПСО различного типа, можно предположить, что 26, 27 и 28 января 2016 года над Томском наблюдались полярные стратосферные облака.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-05-00901а), гранта Президента РФ НШ4714.2014.5 и гранта РНФ №14-27-00022.

Авторы благодарны Метеорологической службе Великобритании (UK Meteorological Office) за предоставленные данные.

Литература

1. *Ельников А.В., Зуев В.В., Бурлаков В.Д.* О типе полярных стратосферных облаков наблюдаемых в январе 1995г. над Томском. // Современные достижения в исследованиях окружающей среды и экологии. Сб. науч. статей, посвящ. памяти акад. В.Е. Зуева. Томск: STT. 2004. С.29–32.
2. *Черемисин А.А., Кушнаренок А.В., Маричев В.Н., Николашкин С.В.* Метеорологические условия и полярные стратосферные облака над Якутском зимой 2004/05 г. // Метеорол. гидрол.. 2007. № 3. С.43–53.
3. *Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В.* Перенос полярных стратосферных облаков из Арктики к Томску в январе 2010 г. // Опт. атм. и океана. 2013. Т. 26. № 02. С. 93-99.
4. *Маричев В.Н., Самохвалов И.В.* Лидарные наблюдения аэрозольных вулканических слоев в стратосфере Западной Сибири в 2008-2010 гг. // Опт. атм. ок. 2011. Т. 24. № 3. С.224-231.
5. *Ельников А.В., Креков Г.М., Маричев В.Н.* Лидарные наблюдения стратосферного слоя аэрозоля над Западной Сибирью. // Физ. атм. 1988. Т. 24. № 8. С. 818–823.
6. *Stein B., Wedekind C., Wille H., Immler F., Müller M., Wöste L., del Guasta M., Morandi M., Stefanutti L., Antonelli A., Agostini P., Rizi V., Readelli G., Mitev V., Matthey R., Kivi R., Kyro E.* Optical classification, existence temperatures, and coexistence of diff. polar stratospheric cloud types. // J. Geophys. Res.. 1999. V. 104. No. D19. P. 23983–23993.
7. *Voigt C., Schlager H., Luo B.P., Dörnbrack A., Roiger A., Stock P., Curtius J., Vössing H., Borrmann S., Davies S., Konopka P., Schiller C., Shur G., and Peter T.* Nitric Acid Trihydrate (NAT) formation at low NAT supersaturation in Polar Stratospheric Clouds (PSCs). // Atmos. Chem. Phys.. 2005. V. 5. P. 1371–1380.
8. *Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В.* Лидарные наблюдения вулканического аэрозоля в атмосфере над Томском. // Метеорология и гидрология. 2011. № 9. С.46–56.
9. *Swinbank R., O'Neill A., Lorenc A.C., Ballard S.P., Bell R.S., Ingleby N.B., Andrews P.L.F., Barker D.M., Bray J.R., Clayton A.M., Dalby T., Li D., Payne T.J., Saunders F.W., Macpherson B., Cullen M.J.P., Davies T., Mawson M.H.* Stratospheric Assimilated Data. British Atmospheric Data Centre, 2006.
10. *Stein A.F., Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B.J.B., Cohen M.D., Ngan F.* NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, Bull. Amer. Meteor. Soc. 2015. V.96. P. 2059-2077.