

Оптическая модель перистых облаков для интерпретации данных космических лидаров

В.А. Шишко¹, И.В. Ткачев¹, А.В. Конюшонкин^{1,2}, Балин Ю.С.¹, Коханенко Г.П.¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Введение

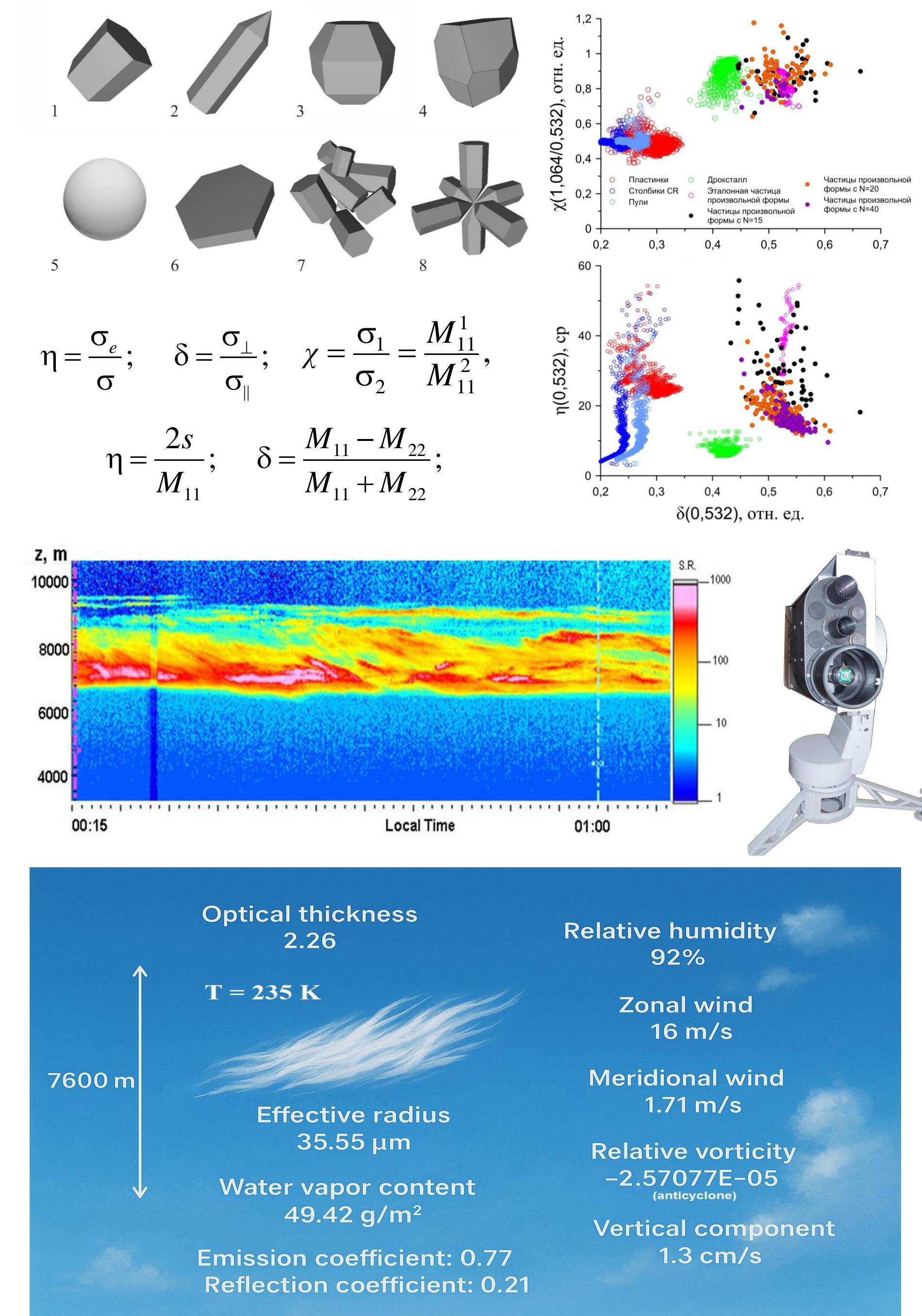
Активное дистанционное зондирование атмосферы и подстилающей поверхности Земли с помощью космических лидаров обеспечивает более высокое пространственное разрешение, недоступное пассивным и радиолокационным системам. Такая концепция позволяет оперативно и непрерывно получать более полные и детальные сведения о различных характеристиках атмосферы. В настоящее время исследование атмосферы поляризационными лидарами космического базирования имеет уже долгую историю. В мае 2024 года Европейское космическое агентство совместно с Японским агентством аэрокосмических исследований произвело запуск спутника EarthCARE [1], на котором установлен лидар высокого спектрального разрешения ATLID. Данная спутниковая миссия призвана заменить CALIPSO [2], который успешно проработал на орбите в период с 2006 по 2023 год. Утвержденная в 2023 году концепция Российской орбитальной станции, также предполагает установку на станции поляризационного лидара отечественной разработки. В связи с чем, возникает необходимость в проработке методологии и алгоритмов интерпретации получаемой отечественным лидаром информации.

Как известно, интерпретация лидарных сигналов основана на решении прямой задачи рассеяния света. Для корректной интерпретации получаемых лидарных данных разрабатываемого российского космического лидара необходимо иметь адекватную оптическую модель атмосферного аэрозоля и перистых облаков.

Задачи

- Разработка оптической модели перистых облаков, подходящей для интерпретации данных конкретного космического лидара, требует построение базы данных матриц обратного рассеяния света, созданной как с учетом технических характеристик лидара (угла поля зрения, используемых длин волн, каналов поляризации и т.д.), так и с учетом многообразия микрофизических характеристик перистых облаков – размеров и форм кристаллов, их пространственной ориентации и концентрации, показателя преломления и т.д.
- Эмпирическая проверка разрабатываемой оптической модели на основе данных наземных поляризационных лидарных наблюдений, проводимых на лидарной станции ЛОЗА-М3 ИОА СО РАН [3].
- Анализ спутникового мониторинга перистых облаков в районе расположения лидарной станции ЛОЗА-М3.
- Сопоставление результатов синхронного восстановления характеристик перистых облаков средствами пассивного спутникового зондирования и наземным лидаром ЛОЗА-М3 (использующего оригинальную оптическую модель перистой облачности), а также обработка данных миссий CALIPSO и EarthCARE.

Результаты



- Поскольку перистые облака состоят из ледяных кристаллических частиц несферической формы размером от десятков до тысяч микрон, что существенно отличается от частиц атмосферного аэрозоля, для которых размер как правило не превышает 10-15 микрон, а также от жидкокапельных облаков, для которых существуют стандартные методы расчетов, то для построения оптической модели перистых облаков необходима разработка и применение оригинальных собственных методов и подходов.

- Своевременное создание оптической модели перистых облаков позволит вовремя сформулировать необходимые предложения по техническим характеристикам космического лидара и внести соответствующие изменения в конструкцию лидара для его максимально эффективного использования.

1. Illingworth A. J., Barker H. W., Beljaars A. et al. The EarthCARE Satellite: The Next Step Forward in Global Measurements of Clouds, Aerosols, Precipitation, and Radiation // Bull. Am. Meteorol. Soc. 2015. V 96, N 8. P 1311–1332.
2. Sassen K., Wang Z., Liu D. Global distribution of cirrus clouds from CloudSat/Cloud-Aerosol lidar and infrared Pathfinder satellite observations (CALIPSO) measurements // J. Geophys. Res. 2008. V. 113. (D00A12).
3. Kokhanenko G.P., Balin Y.S., Klemasheva M.G. et al. Scanning polarization lidar LOSA-M3: Opportunity for research of crystalline particle orientation in the clouds of upper layers // Atmos. Meas. Tech. 2020. V. 13. P. 1113-1127. DOI: 10.5194/amt-2019-326.