

Закономерности распространения света в зависимости от состояния атмосферного воздуха

Любко К. Г.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Атмосферный воздух - естественная смесь газов (главным образом азота и кислорода - 98-99% в сумме, а также углекислого газа, воды, водорода и пр.) образующая земную атмосферу. Атмосфера нашей планеты представляет собой оптическую систему, показатель преломления которой уменьшается с высотой вследствие уменьшения плотности воздуха. Это обстоятельство приводит к появлению целого ряда оптических явлений в атмосфере, обусловленных преломлением (рефракцией - явлением искривления световых лучей при прохождении света через атмосферу) и отражением (рефлексией) лучей в ней. С высотой плотность воздуха (значит, и показатель преломления) убывает. Представим себе, что атмосфера состоит из оптически однородных горизонтальных слоев, показатель преломления в которых меняется от слоя к слою. При движении оптического луча в такой системе он будет в соответствии с законом преломления «прижиматься» к перпендикуляру. В реальности плотность атмосферы уменьшается не скачками, а непрерывно, что приводит к плавному искривлению луча при прохождении атмосферы.

Закономерности распространения света в зависимости от состояния атмосферного воздуха

С оптической точки зрения атмосферный воздух представляет собой аэрозоль. Его дисперсная фаза образует незначительную по массе примесь — вне облаков и туманов это десятки или сотни микрограмм на килограмм воздуха. Тем не менее, она играет решающую роль и в ходе конденсационных процессов и в оптике атмосферы.

Изменчивость оптического состояния атмосферы в основном обусловлена трансформацией дисперсной фазы в ходе конденса-

ционных процессов, в которых она выступает в качестве ядер конденсации.

Очевидно, что на разных уровнях, где природа дисперсной фазы совсем различна, микроструктура конденсата, а, следовательно, и его оптические свойства должны быть непохожими.

Помимо дисперсной фазы, причиной рассеяния света служат флуктуации показателя преломления газовой фазы. Их обуславливает турбулентное перемешивание воздуха при наличии градиента температуры. Сами флуктуации очень малы — они составляют величины порядка 10^{-6} и меньше. Несмотря на это, они создают весьма ощутимые эффекты: искажения фазового фронта световой волны, случайные смещения луча, флуктуации интенсивности, связанные с перераспределением энергии внутри сечения пучка, мерцание и дрожание далеких огней и звезд и т. п.

Оптические свойства туманов сходны с оптическими свойствами облаков. Солнечный свет хорошо отражается от слоя тумана. Отраженный свет составляет около 80 % падающего, т.е. альbedo (коэффициент отражения) туманов, как и облаков, весьма велико. При высоком положении Солнца альbedo уменьшается (однако количественная сторона этого процесса мало исследована).

Часть падающих лучей поглощается туманом. При этом проявляется избирательный характер поглощения: капельки воды, как и водяной пар, хорошо поглощают длинные световые волны (инфракрасные, или тепловые, лучи). Сами капельки тумана также излучают длинные волны в соответствии со своей температурой; с этим связано уменьшение ночного охлаждения почвы и приземного слоя воздуха при наличии облаков или тумана.

Ухудшение видимости предметов в тумане связано, в основном, с рассеянием света. Мелкие частицы тумана (радиусом меньше $0,0005$ мм) наиболее сильно рассеивают короткие световые волны (синие лучи), меньше рассеивают длинные волны (красные и инфракрасные лучи). Именно поэтому туманная дымка, когда капельки очень малы, имеет синеватую окраску. В обычных туманах, когда радиус капелек превышает $0,001$ мм, световые волны всех длин рассеиваются практически одинаково. Во всех случаях степень рассеяния света, а следовательно, и степень ухудшения видимости предметов, пропорциональны числу капелек или ледяных кристаллов в единице объема. В свою очередь, число капелек в тумане тем

больше, чем меньше их радиус и чем больше водность тумана. Поэтому справедлива следующая приближенная формула для оценки видимости L в тумане:

$$L = 2,5 \times (r\mu/a), \text{ м,}$$

где $r\mu$ – средний радиус капелек тумана в микронах;

a – водность тумана в граммах на 1 м³.

Из этой формулы следует, что при одинаковой видимости при низких температурах размеры капелек в туманах с меньшей водностью меньше, чем в туманах с большей водностью.

При наличии яркого источника света в тумане могут наблюдаться оптические явления, обусловленные особой формой рассеяния света – дифракцией. Так, вокруг уличных фонарей при сильном тумане часто наблюдаются радужные венцы. При расположении тумана на некотором расстоянии от наблюдателя в виде четко очерченной туманной массы в отдельных случаях наблюдаются глории – тени от предметов, окруженные радужными венцами, а иногда и белые радуги. Это явление особенно характерно для горных районов. В ледяных туманах возможно образование кругов вокруг Солнца и Луны.

Заключение

Процесс распространения света в природных условиях представляет собой сочетание разнородных физических явлений. Дифференцированное понимание их механизма необходимо при решении, как фундаментальных научных проблем, так и прикладных задач во многих отраслях современной техники.

Список литературы

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85>
2. Дорожная климатология: учебник / И.И. Леонович. — Мн.: БНТУ, 2005. — 485с.

3. Г.В. Розенберг, В.И. Татарский, В.И. Дианов-Клоков. Некоторые особенности распространения света в различных слоях атмосферы. Вестник Академии Наук СССР, No 2, стр. 21-29, 1970.