



АТМОСФЕРНАЯ АКУСТИКА

Авторы: М. А. Каллистратова, С. Н. Куличков

АТМОСФЕРНАЯ АКУСТИКА, раздел акустики, в котором изучаются распространение и генерация звука в реальной земной атмосфере, а также исследуются свойства атмосферы акустич. методами. А. а. можно рассматривать как раздел [физики атмосферы](#).

Зарождение А. а. относится к 1-й пол. 20 в., когда начались исследования аномальной слышимости звука от взрывов и была произведена оценка влияния турбулентности на замирания (фединги) акустич. волн. Ускорение развития А. а. произошло после 2-й мировой войны одновременно с быстрым технич. прогрессом в электроакустике и электронике. Совр. теория акустич. явлений в атмосфере опирается на классич. труды по [акустике движущихся сред](#) и по распространению волн в случайно-неоднородных средах.

Характер распространения звуковых волн и разнообразные акустич. явления в атмосфере связаны с зависимостью скорости звука от скорости ветра и от темп-ры воздуха, с [поглощением звука](#) в воздушной среде, с нелинейными эффектами, возникающими при распространении звуковых волн (см. [Нелинейная акустика](#)), и с аэродинамич. генерацией звука. Скорость звука в идеальном газе определяется формулой:

$$c = c_0 \cdot (T/273)^{1/2}, \text{ где}$$

c_0 – скорость звука при 0 °С (

$$c_0 = 331,5 \text{ м/с}),$$

T – абсолютная темп-ра газа. Из-за сильной температурной зависимости скорость звука в тропиках почти на 50 м/с больше, чем в Арктике и Антарктиде. Изменение темп-ры и скорости ветра с высотой вызывает искривление звуковых лучей (см. [Рефракция звука](#)), появление [зон молчания](#) (или акустич. тени). Строгой теории

поглощения звука в атмосфере не существует, и для расчёта ослабления звуковой волны используют эмпирические численные коэффициенты. В среднем ослабление звука пропорционально квадрату его частоты. Поэтому ультразвук в атмосфере полностью затухает на расстоянии нескольких метров, в то время как инфразвук может распространяться на тысячи километров. Флуктуации амплитуды и фазы волны, обусловленные атмосферной турбулентностью, приводят к рассеянию и дополнит. ослаблению звука, затрудняют пеленгацию звуковых источников. При распространении акустич. импульсов (напр., от взрывов) на большие высоты происходит нелинейное искажение их формы, связанное с увеличением колебательной скорости в волне из-за уменьшения плотности воздуха в верхних слоях атмосферы. При сильном ветре происходит генерация звуков и шумов, напр. инфразвукового шума при обтекании волнистой морской поверхности ветровым потоком – т. н. голос моря. Возможно, именно по «голосу моря» морские животные заранее узнают о приближении шторма. Инфразвуковые волны с частотами менее 1 Гц могут порождаться полярными сияниями, землетрясениями, извержениями вулканов и др. естеств. источниками. К атмосферным акустич. явлениям относится и образование ударных волн самолётами и ракетами, движущимися со сверхзвуковыми скоростями.

В последние десятилетия 20 в. достигнут значит. прогресс в понимании физич. процессов в области А. а. Исследованы законы распространения звука в приземных атмосферных волноводах, разработана и экспериментально подтверждена теория флуктуаций параметров звуковых волн и их рассеяния мелкомасштабными неоднородностями скорости ветра и темп-ры.

Методы А. а. используют при дистанционном акустич. зондировании атмосферы. По времени прихода звука от места мощных взрывов и извержений вулканов определяют распределение темп-ры и ветра в стратосфере и мезосфере. Зондирование средней и верхней атмосферы посредством высокочувствительных акустич. приёмников позволяет обнаруживать частичное отражение инфразвука от долгоживущих мезомасштабных неоднородностей и исследовать их параметры. Метод радиоакустич. зондирования атмосферы даёт возможность с поверхности Земли определять вертикальные профили темп-ры в нижней тропосфере.

В системах контроля экологич. обстановки вблизи атомных станций и в окрестностях вредных производств применяются акустич. локации – содары, которые дистанционно определяют скорость ветра, высоту расположения инверсионных слоёв и интенсивность турбулентного перемешивания до высоты ок. 1 км, а также позволяют оценить ожидаемые концентрации вредных веществ при техногенных авариях. Методы импульсивной акустической томографии нижней атмосферы служат для определения пространственно усреднённых значений темп-ры и скорости ветра. Для локальных измерений характеристик мелкомасштабной турбулентности применяются ультразвуковые термометры-анемометры, обладающие малой инертностью, высокой чувствительностью и не подверженные радиац. погрешностям. Среди др. практич. задач, решаемых в А. а., особенно важна разработка методов дистанционного определения местоположения и энергии крупных взрывов, включая ядерные.

Литература

Лит.: Татарский В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. М., 1967; Чернов Л. А. Волны в случайно-неоднородных средах. М., 1975; Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере. М., 1978; Каллистратова М. А., Кон А. И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. М., 1985; Хргиан А. Х. Физика атмосферы. М., 1986; Обухов А. М. Турбулентность и динамика атмосферы. Л., 1988; Красненко Н. П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. Томск, 2001.