

Л.И. Несмелова, О.Б. Родимова, С.Д. Творогов

ОСОБЫЕ ТОЧКИ В ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ В ПОЛОСЕ 4,3 МКМ CO_2

Приведены результаты расчетов коэффициента поглощения CO_2 на основе теории крыльев линий в R -ветви полосы 4,3 мкм для температур и давлений, характерных для атмосферных условий. Наблюдается инверсия температурной зависимости коэффициента поглощения для ряда частот, используемых при зондировании, которая более сильно выражена в случае самоуширения. Отмечена возможность использовать преобразованное подынтегральное выражение для спектральной интенсивности уходящего излучения с весовой функцией при dT/dz , отличной от традиционной.

При пассивном ИК-зондировании вертикальных профилей температуры атмосферы и температуры подстилающей поверхности используется, среди других, набор каналов в высокочастотной части R -ветви полосы 4,3 мкм CO_2 и за ее кантом [1, 2]. Естественно, что здесь существенна температурная зависимость атмосферного пропускания.

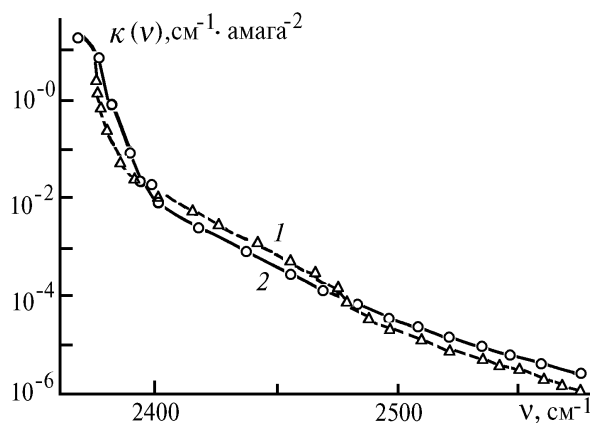


Рис. 1. Коэффициент поглощения CO_2 в крыле полосы 4,3 мкм CO_2 при $T = 193^\circ\text{K}$ (кривая 1) и при $T = 296^\circ\text{K}$ (кривая 2), рассчитанный по теории крыльев линий. Экспериментальные данные [6]: \circ – 296°K , Δ – 193°K

В упомянутом спектральном интервале температурное поведение коэффициента поглощения CO_2 имеет ряд особенностей, и они обусловлены различным характером температурной зависимости коэффициента поглощения в центре спектральной линии и в ее крыле. Эти особенности проявляются в том, что спектральные кривые, снятые при разных температурах, имеют точки пересечения (рис. 1), его общее обсуждение в [3] и обсуждение последствий для задачи зондирования – в [4]. Следует подчеркнуть, что теория крыльев спектральных линий [5] позволяет интерпретировать подобные тонкости в поведении коэффициента поглощения как функции частоты, температуры и давления (см. рис. 1).

В данном сообщении приведены результаты расчета коэффициента поглощения CO_2 на основе теории крыльев линий в рассматриваемом спектральном интервале для различных температур и давлений с целью выявить частоты, на которых смена знака температурной зависимости может повлиять на результаты зондирования температуры.

На рис. 2 представлено температурное поведение коэффициента поглощения CO_2 при самоуширении и при уширении азотом для ряда частот в пределах полосы и за ее кантом. Более подробно температурная зависимость коэффициента поглощения для частот в окрестностях несколь-

ких каналов зондирования показана на рис. 3. Инверсия температурной зависимости четко выражена в случае самоуширения.

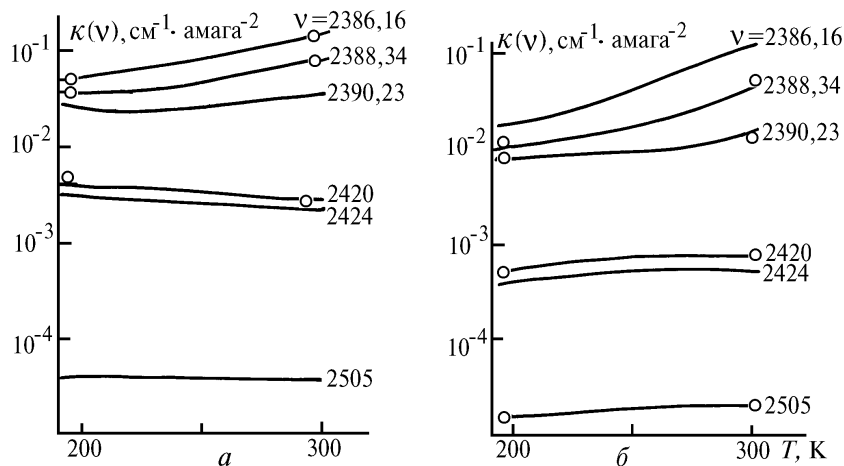


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициента поглощения $\text{CO}_2\text{-CO}_2$ (а) и $\text{CO}_2\text{-N}_2$ (б) в области полосы 4,3 мкм CO_2 на нескольких частотах (cm^{-1}), указанных справа от кривых

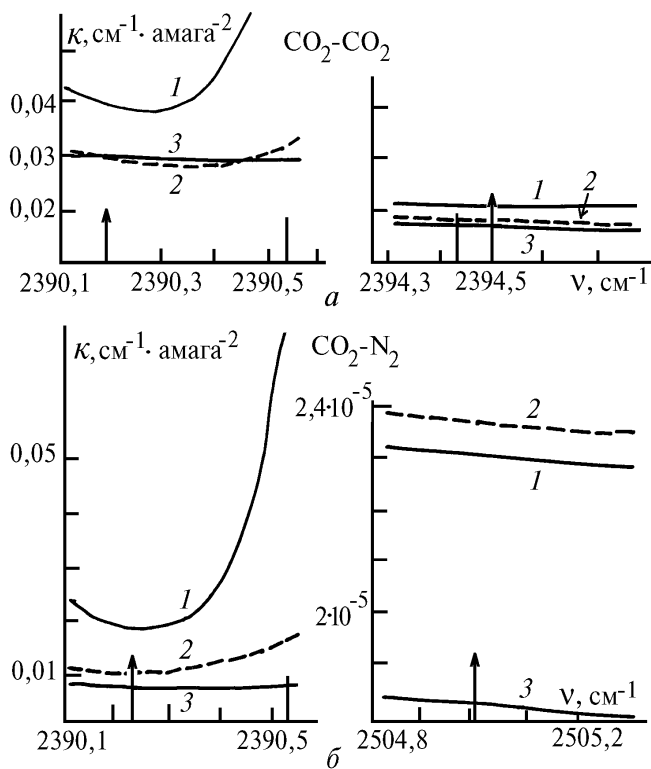


Рис. 3. Изменение характера температурной зависимости коэффициента поглощения $\text{CO}_2\text{-CO}_2$ (а) и $\text{CO}_2\text{-N}_2$ (б) в окрестностях нескольких каналов зондирования. 1 – 300, 2 – 250, 3 – 190°К. Стрелками обозначены частоты каналов зондирования

Спектральная интенсивность I уходящего излучения Земли – решение уравнения переноса для молекулярной атмосферы и со стандартными предположениями об излучательной способности подстилающей поверхности – может быть написана как

$$I = - \int_{y^*}^1 dy \left(\frac{dB}{dT} \frac{dT}{dz} \kappa^{-1}(z) \right)_{z=z(y)}, \quad (1)$$

где B есть функция Планка; $y = e^{-\epsilon}$, $\epsilon(z) = \int_z^{\infty} \kappa(z') dz'$, $z = H \sec \theta$; H – высота над поверхностью земли; θ – зенитный угол; T – температура. Зависимость коэффициента поглощения κ от z появляется из-за меняющихся в зависимости от высоты термодинамических характеристик атмосферы.

На рис. 4 показаны результаты расчетов весовой функции при dT/dz . В случае $\text{CO}_2\text{-N}_2$ учет температурной зависимости коэффициента поглощения практически не влияет на величину весовой функции, однако ситуация для $\text{CO}_2\text{-CO}_2$ может отличаться.

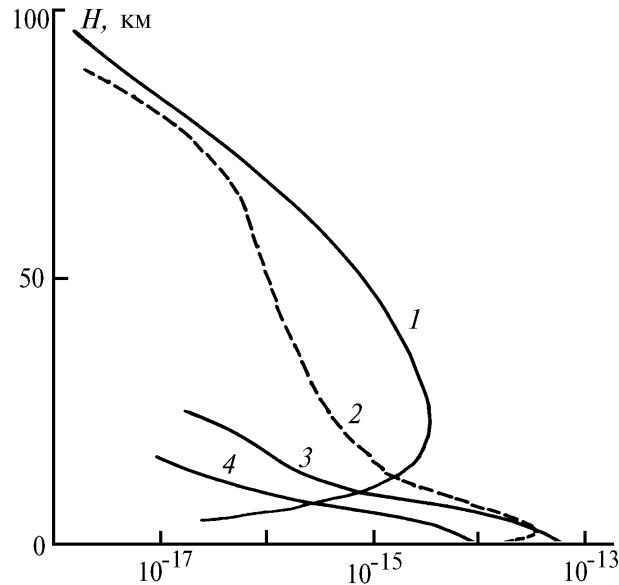


Рис. 4. Высотная зависимость весовой функции при dT/dz для ряда частот 1 – $\nu=2360,8$; 2 – 2379,27; 3 – 2392,35; 4 – 2424,0 cm^{-1}

Здесь стоит отметить одну небольшую тонкость. Хотя формула (1) формально эквивалентна часто используемому выражению

$$I = - \int_{\nu_i}^0 B(T(p)) (d\tau(p, 0)/d \ln p) d \ln p, \quad (2)$$

где τ – пропускание; p – давление; максимумы в весовых функциях из (1) и (2) смещены друг относительно друга, и в этом нет ничего удивительного, ибо речь идет именно о весовых функциях при разных по смыслу переменных интегрирования. Наверное, этот момент можно должным образом использовать в алгоритмах обработки спутниковых данных.

1. Kaplan L.D., Chahine M.T., Susskind J., Searl J.E. // Appl. Opt. 1977. V. 16. P. 322.
2. Strow L.L. // Proc. 14 Annual Review Conf. on Atmos. Transmission Models, Massachusetts, 1992. P. 370–388.
3. Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. №9. С. 939.
4. Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д. // Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. №3. С. 16.
5. Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д. Контур спектральной линии и межмолекулярное взаимодействие. Новосибирск: Наука, 1986. 215 с.
6. LeDouceur R., Cousin C., Boulet C., Henry A. // Appl. Opt. 1985. V. 24. P. 897.

Институт оптики атмосферы
СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию
15 июля 1994 г.

L.I. Nesmelova, O.B. Rodimova, S.D. Tvorogov. **Particular Points in Temperature Dependence of the Absorption Coefficient in the Region of the 4,3 μm CO_2 Band.**

The results of calculations of the absorption coefficient on the basis of the spectral line wing theory in the R-branch of the 4,3 μm CO_2 band are presented at temperatures and pressures typical for the atmospheric conditions. The inversion of the temperature dependence is observed at some frequencies applied in the remote sensing which is more pronounced in the case of self-broadening. The possibility is pointed out to use the transformed integrand in expression of the spectral intensity of the outgoing radiation with the weighting function at dT/dz , different from the traditional one.