

М.В. Кабанов, Ю.В. Кистенев, Ю.Н. Пономарёв

### ВЛИЯНИЕ СДВИГА ЦЕНТРА ЛИНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ В АТМОСФЕРЕ

В работе рассмотрено влияние сдвига центра линии поглощения давлением воздуха на параметры когерентных оптических импульсов гауссовой формы при их резонансном поглощении на вертикальных атмосферных трассах. Расчет проведен для линии  $H_2O$  с  $\lambda = 0,69438$  мкм. Показано, что влияние сдвига центра линии поглощения на вертикальной атмосферной трассе существенным образом зависит от отношения ширины спектра импульса к ширине линии поглощения и от величины отстройки частоты импульса от резонансной частоты линии.

Взаимодействие когерентных оптических импульсов с резонансно-поглощающей газовой средой зависит от отношения ширины спектра импульса  $\Omega$  к ширине линии поглощения  $\gamma$  и величины отстройки частоты излучения от резонанса  $\Delta$  [1]. На неоднородных (например вертикальных) атмосферных трассах с изменением высоты меняются форма контура линии, ее ширина, положение центральной частоты контура линии. Эти явления могут вызывать дополнительное изменение временных [2–4] и энергетических характеристик излучения при его распространении в атмосфере.

В настоящем сообщении рассмотрено влияние сдвига центра линии молекулярного поглощения давлением воздуха на характеристики когерентных оптических импульсов гауссовой формы при их распространении по вертикальной атмосферной трассе.

Атмосфера рассматривалась как неоднородная плоскостроистая среда; изменение ее термодинамических параметров описывалось в соответствии со стандартной статистической моделью атмосферы. Оценки проведены для изолированной линии поглощения  $H_2O$  с центром  $0,69438$  мкм. Длина вертикальной трассы бралась равной  $10$  км, т. е. рассматривался тот слой, в котором поглощение водяным паром является определяющим.

Поле излучения в среде описывалось выражением [4]

$$\varepsilon(h, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} A(\nu) \cdot \exp \left\{ -ik \int_0^h [n_0(h') + 2\pi SN(h') \cdot G(\nu, h')] dh' + i\nu t \right\} d\nu, \quad (1)$$

где  $\varepsilon(h, t)$  — медленно меняющаяся комплексная амплитуда оптической волны;  $A(\nu)$  — Фурье-образ амплитуды импульса на входе в атмосферный канал;  $k = \omega/c$ ;  $n_0$  — нерезонансная часть показателя преломления;  $S$  — интенсивность линии в расчете на одну молекулу поглощающего газа;  $N(h)$  — концентрация поглощающих молекул в единице объема; функции  $\text{Im}G(\nu, h)$  и  $\text{Re}G(\nu, h)$  описывают форму линии поглощения и резонансную часть показателя преломления (участок аномальной дисперсии).

Расчет интеграла (1) проводился заменой подынтегральной функции на периодическую с периодом много больше  $\Omega$ . После дискретизации подынтегрального выражения соответствующий ряд Фурье вычислялся с использованием алгоритмов быстрого преобразования Фурье.

На рис. 1 представлен расчет деформации гауссова импульса при  $\Omega/\gamma(0) = 0,3$ . Этот случай интересен тем, что условия взаимодействия меняются от квазистационарных на поверхности Земли до существенно нестационарных на высоте  $h = 10$  км. Из рисунка видно, что для нулевой отстройки от резонанса при  $h = 0$  параметры импульса очень чувствительны к сдвигу центра линии поглощения давлением воздуха: сдвиг центра линии поглощения с высотой приводит к более слабому поглощению импульса, форма импульса искажается значительно слабее.

На рис. 2 представлен расчет деформации гауссова импульса в условиях существенно нестационарного взаимодействия на протяжении всей трассы, когда  $\Omega/\gamma(0) = 3,0$ . Видно, что в данном случае сдвиг центра линии поглощения давлением воздуха практически не влияет на параметры импульса в среде.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при вертикальном зондировании молекулярных газовых составляющих атмосферы, спектр поглощения которых состоит из надежно изолированных линий, для уменьшения систематической погрешности измерений целесообразно использовать оптические импульсы с шириной спектра  $\Omega > \gamma$  — ширины линии, используемой для зондирования.

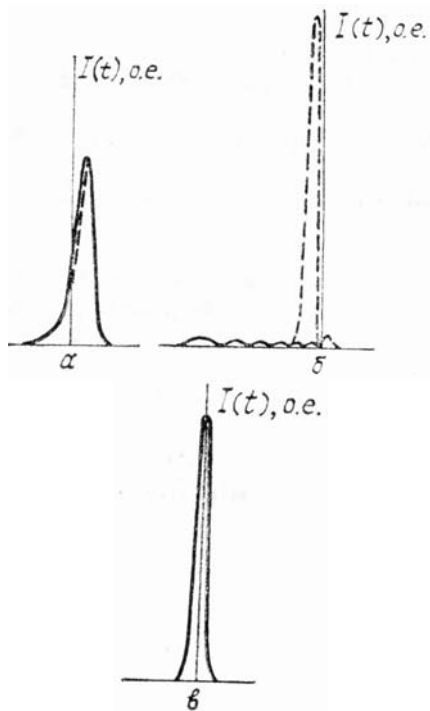


Рис. 1. Деформация когерентного гауссова импульса на вертикальной атмосферной трассе в условиях лета средних широт при  $\Omega/\gamma(0) = 0,3$  с учетом (штриховые линии) и без учета (сплошные) сдвига центра линии поглощения давлением воздуха: (а)  $\Delta = -0,1 \text{ см}^{-1}$ ; (б)  $\Delta = 0 \text{ см}^{-1}$ ; (в) — начальная форма импульса

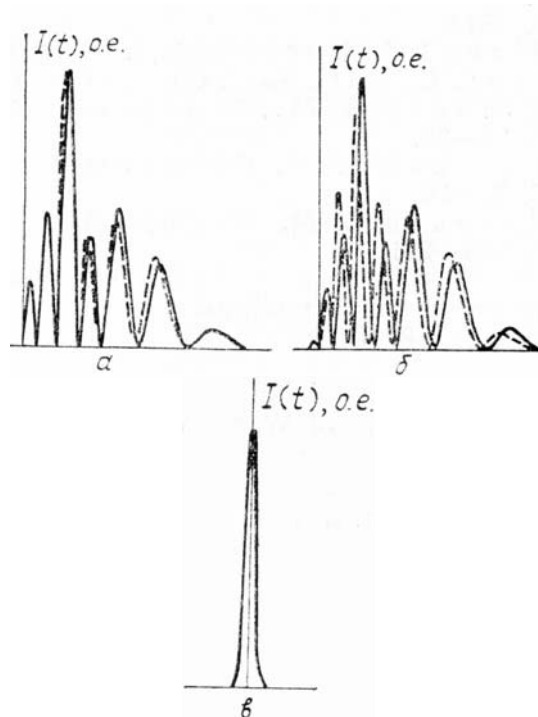


Рис. 2. Деформация когерентного гауссова импульса на вертикальной атмосферной трассе в условиях лета средних широт при  $\Omega/\gamma(0) = 3,0$  с учетом (штриховые линии) и без учета (сплошные) сдвига центра линии поглощения давлением воздуха: (а)  $\Delta = -0,1 \text{ см}^{-1}$ ; (б)  $\Delta = 0 \text{ см}^{-1}$ ; (в) начальная форма импульса

1. Аллен Л., Эберли Дж. Оптический резонанс и двухуровневые атомы. М.: Мир, 1978. 223 с.
2. Кистенев Ю.В., Пономарев Ю.Н. //Известия вузов. Физика. 1987. № 8. С. 21–25.
3. Кабанов М.В., Кистенев Ю.В., Пономарев Ю.Н. //Труды IX Всес. симпозиума по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. Ч. 1. Томск. 1987. С. 434–438.
4. Кабанов М.В., Кистенев Ю.В., Пономарев Ю.Н. //Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. № 2. С. 173–179.
5. Zuev V.V., Ponomarev Yu.N., Solodov A.M. et al. //Optics Letts. 1985. V. 10. № 7. P. 318–320.

Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова  
Институт оптики атмосферы СО АН СССР, Томск

Поступило в редакцию  
3 ноября 1988 г.

M.V. Kabanov, Yu.V. Kistenev, Yu.N. Ponomarev. **Influence of the Absorption Line Center Shift with Air Pressure on Characteristics of Optical Pulses Propagating Through the Atmosphere.**

The paper deals with influence of the absorption line center shift with air pressure on time shape and energy of the Gaussian shape coherent optical pulses at the resonance absorption their of on vertical atmospheric path. The calculation is brought about for an  $\text{H}_2\text{O}$  line with  $\lambda = 0,69438 \text{ мкм}$ . The influence of the absorption line center shift on the vertical atmospheric path has been shown to essentially depend upon both the ratio of the pulse spectrum width to the absorption line width and upon the detuning value of the pulse frequency from the resonance.