«Оптика атмосферы и океана», **23**, № 9 (2010)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛН

УДК 535.361:535.51+519.676

Оценка методом Монте-Карло параметров асимптотики помехи обратного рассеяния с учетом поляризации

Г.А. Михайлов[1,2], Н.В. Трачева[1], С.А. Ухинов[1,2]*

[1]*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН*
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6
[2]*Новосибирский государственный университет*
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

Поступила в редакцию 11.06.2010 г.

Дается оценка параметров временнóй асимптотики потока поляризованного излучения, выходящего из полубесконечного слоя рассеивающего и поглощающего вещества, при освещении его внешним направленным источником. Проведенные на многопроцессорном кластере вычисления показали, что в этом случае поляризация не влияет на параметры асимптотики отраженного излучения, определяющего «помеху обратного рассеяния» при оптическом зондировании. Для ограниченных сред параметры асимптотики поляризованного и неполяризованного излучения различаются в зависимости от размера области переноса, т.е. деполяризация потока излучения несколько запаздывает относительно перехода к асимптотике.

Ключевые слова: перенос поляризованного излучения, временнáя асимптотика, метод Монте-Карло; polarized radiation transfer, time asymptotics, Monte Carlo method.

1. Вводная информация

Рассмотрим процесс переноса поляризованного изучения в рассеивающей и поглощающей среде. Для описания поляризационных свойств света воспользуемся способом, предложенным Дж.Г. Стоксом в 1852 г. Он ввел четыре параметра I, Q, U, V, которые определяют в совокупности интенсивность, степень поляризации, плоскость поляризации и степень эллиптичности излучения. Используем в качестве компонентов вектор-параметра Стокса $\mathbf{I} = (I, Q, U, V)^{\mathrm{T}}$ в четырехмерном функциональном пространстве. При этом для параметров Стокса справедливы следующие соотношения: $I \geq 0$, $I^2 \geq Q^2 + U^2 + V^2$.

Отметим, что для естественного света $Q = U = V = 0$, для эллиптически поляризованного $I^2 = Q^2 + U^2 + V^2$.

Традиционной математической моделью процесса переноса поляризованного излучения является стационарное векторное интегродифференциальное уравнение переноса

$$\omega \nabla \mathbf{\Phi}(r,\omega) + \sigma(r)\mathbf{\Phi}(r,\omega) = \int_{\Omega} \sigma_s(r) P(\omega',\omega,r)\mathbf{\Phi}(r,\omega')\, d\omega' + \mathbf{f}_0(r,\omega),$$

или в операторном виде

$$L\mathbf{\Phi} + \sigma\mathbf{\Phi} = S\mathbf{\Phi} + \mathbf{f}_0, \qquad (1)$$

где $\mathbf{\Phi} = (\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4)$ – вектор-функция (вектор Стокса) плотности потока частиц («векторных фотонов»), иначе – вектор-функция интенсивности излучения; Ω – пространство единичных векторов направления; $\omega \in \Omega$, $r \in D \subset R^3$; σ – полное сечение, $\sigma = \sigma_s + \sigma_c$ (σ_c – сечение поглощения, σ_s – сечение рассеяния); $\mathbf{f}_0 = (f_0^{(1)}, f_0^{(2)}, f_0^{(3)}, f_0^{(4)})^{\mathrm{T}}$ – вектор-функция плотности распределения источника частиц. Матричная функция рассеяния (фазовая матрица рассеяния) $P(\omega', \omega, r)$ определяется соотношением $P(\omega',\omega,r) = \Theta(\pi - i_2) \times R(\omega',\omega,r)\Theta(-i_1)$, где Θ – специальная матрица поворота; R – матрица рассеяния; i_1 – угол между плоскостью ω', s и плоскостью рассеяния ω, ω'; i_2 – угол между плоскостью рассеяния ω, ω' и плоскостью ω, s; s – вектор локальной сферической системы координат (более подробно см. [1, 2]). Для изотропной среды матрица рассеяния R имеет вид

$$R(\mu,r) = \frac{1}{2\pi}\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & 0 & 0 \\ r_{21} & r_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{33} & r_{34} \\ 0 & 0 & -r_{43} & r_{44} \end{pmatrix}, \qquad (2)$$

где $\mu = (\omega, \omega')$; r_{11} – индикатриса рассеяния, $\int r_{11}(\mu)\, d\mu = 1$. Если рассеивающие частицы являются однородными сферами, то

$$r_{11} = r_{22}, \;\; r_{12} = r_{21}, \;\; r_{33} = r_{44}, \;\; r_{34} = r_{43}.$$

Известно, что для неполяризованного излучения асимптотика нестационарного потока частиц при

* Геннадий Алексеевич Михайлов (gam@sscc.ru); Сергей Анатольевич Ухинов (sau@sscc.ru); Наталья Валерьевна Трачева (tnv@osmf.sscc.ru).